

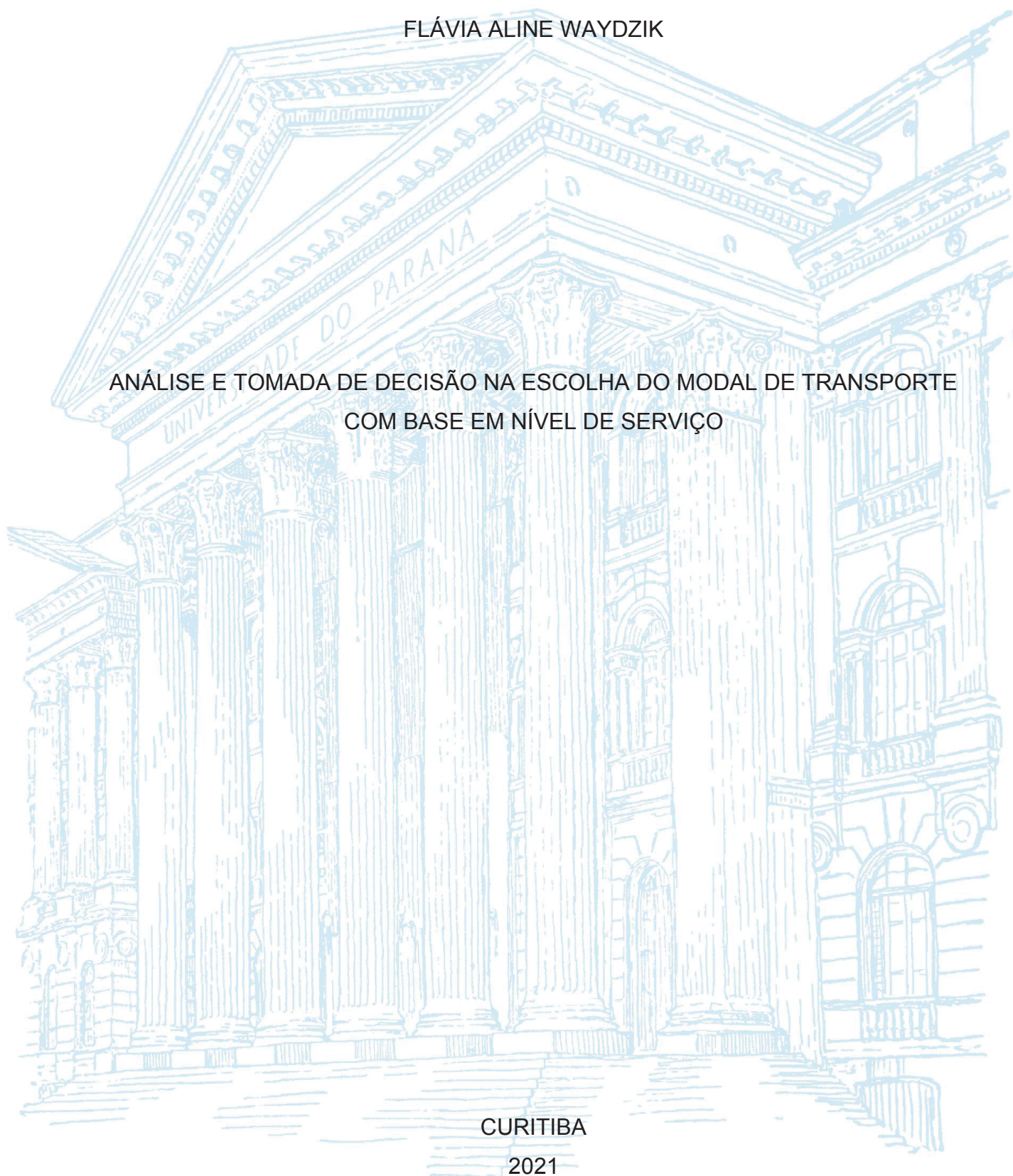
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FLÁVIA ALINE WAYDZIK

ANÁLISE E TOMADA DE DECISÃO NA ESCOLHA DO MODAL DE TRANSPORTE
COM BASE EM NÍVEL DE SERVIÇO

CURITIBA

2021



FLÁVIA ALINE WAYDZIK

ANÁLISE E TOMADA DE DECISÃO NA ESCOLHA DO MODAL DE TRANSPORTE
COM BASE EM NÍVEL DE SERVIÇO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Robson Seleme

CURITIBA

2021

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

W357a	<p>Waydzik , Flávia Aline</p> <p>Análise e tomada de decisão na escolha do modal de transporte com base em nível de serviço [recurso eletrônico] / Flávia Aline Waydzik . – Curitiba, 2021.</p> <p>Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2021.</p> <p>Orientador: Robson Seleme</p> <p>1. Transporte. 2. Transportes – Aspectos econômicos. 3. Logística. 4. Armazenamento e transporte da carga. I. Universidade Federal do Paraná. II. Seleme, Robson. III. Título.</p> <p>CDD: 388.04</p>
-------	--

Bibliotecário: Elias Barbosa da Silva CRB-9/1894



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO - 40001016070P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE PRODUÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de FLÁVIA ALINE WAYDZIK intitulada: **ANÁLISE E TOMADA DE DECISÃO NA ESCOLHA DO MODAL DE TRANSPORTE COM BASE EM NÍVEL DE SERVIÇO**, sob orientação do Prof. Dr. ROBSON SELEME, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 28 de Maio de 2021.

Assinatura Eletrônica
31/05/2021 14:05:35.0
ROBSON SELEME
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica
01/06/2021 22:09:14.0
ARINEI CARLOS LINDBECK DA SILVA
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
31/05/2021 14:17:11.0
IZABEL CRISTINA ZATTAR
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica
31/05/2021 13:59:01.0
FERNANDO DESCHAMPS
Avaliador Externo (PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ)

AGRADECIMENTO

Agradeço pelas oportunidades que me engrandecem e pelas dificuldades que me fortalecem. Ao Universo, por possibilitar e me dar ferramentas para o desenvolvimento deste trabalho e à minha família por toda a dedicação e incentivo que deram na formação do meu ser.

Agradeço a todos que estiveram presentes e contribuíram nesta pesquisa:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Robson Seleme, pela orientação e confiança ao longo desta caminhada.

Ao Prof. Dr. Eduardo Ratton, pelos ensinamentos, pela confiança e pelo incentivo que me fazem ir sempre em busca de novos conhecimentos.

A todos os especialistas que, gentilmente, corroboraram para atingir os objetivos deste trabalho.

Aos meus amigos de mestrado, por compartilharem dessa vitória e auxiliarem no que foi preciso.

Aos meus amigos e colegas de trabalho do Instituto Tecnológico de Transportes e Infraestrutura (ITTI/UFPR) pelo apoio no dia a dia, especialmente a Amanda Gallucci, Alessandra Gosch, Sandra Martins Ramos, Lucas Dildey, Philipe Ratton, Jhonatan Zonta, Durval Nascimento Neto, Dyeison Mlenek e Cristhyano Cavali da Luz.

Aos meus amigos pessoais, que não poderiam ser melhores: Carlos Eduardo Machado Ferrete e a Nathália Gallo, por me auxiliarem nos momentos de dificuldade durante a pesquisa.

A minha terapeuta Arlete Lopes, por compartilhar ferramentas emocionais para vencer esta etapa.

*Se não consegues entender que o
céu deve estar dentro de ti, é inútil
busca-lo acima das nuvens e ao
lado das estrelas.*

Charles Chaplin

RESUMO

Devido aos altos custos de transporte e ao baixo nível de serviço, ocasionados pela deficiência da infraestrutura, há anos são discutidas alternativas logísticas para a otimização da matriz de transportes brasileira. Diante da necessidade de melhorias da qualidade e da eficiência do sistema de transportes para atender as expectativas do crescimento econômico, é fundamental desenvolver estudos que auxiliem a definição de prioridades de investimentos, visando ao equilíbrio econômico e social do Brasil. Esta pesquisa procurou identificar e quantificar os fatores fundamentais para a elaboração de um comparativo da Qualidade de Serviço (QS) de modais de transporte, fundamentados no conceito de nível de serviço para a tomada de decisão. Para atingir os resultados, além das revisões sistemáticas de literatura, foi desenvolvida uma análise por meio da identificação de fatores que compõem o "custo de transporte" e o "nível de serviço", vinculado à pesquisas junto a especialistas no embasamento do método AHP para atribuição de pesos aos fatores identificados. Por fim, foram apresentados os equacionamentos para o cálculo da Qualidade de Serviço (QS) para os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário.

Palavras-chave: Transporte 1. Custos 2. Logística 3. Nível de serviço 4.

ABSTRACT

Due to the high transport costs and the low level of service, caused by the deficiency of the infrastructure, logistic alternatives for the optimization of the Brazilian transport matrix have been discussed for years. In view of the need to improve the quality and efficiency of the transport system to meet the expectations of economic growth, it is essential to develop studies that assist in the definition of investment priorities, aiming at the economic and social balance of Brazil. This research will seek to identify and quantify the fundamental factors for the elaboration of a comparative model of transport modes, based on the concept of service level for decision making. To achieve the results, in addition to systematic literature reviews, a model was developed through the identification of factors that make up the "transport cost" and the "service level", linked to research with specialists on the basis of the AHP method for assigning weights to the identified factors. Finally, the equations for the calculation of Quality of Service (QS) for road, rail and waterway modes are presented.

Keywords: Transportation 1. Costs 2. Logistics 3. Service level 4.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA.....	21
FIGURA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE OS MODAIS DE TRANSPORTE	24
FIGURA 3 – MÉTODOS DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO	51
FIGURA 4 – CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA	53
FIGURA 5 – ETAPAS DA PESQUISA	55
FIGURA 6 – ESCALA QUALITATIVA PARA O QUESTIONÁRIO.....	58
FIGURA 7 – ESTRUTURA HIERÁRQUICA GERAL DO MÉTODO AHP	61
FIGURA 8 – CATEGORIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS EM FATORES	69
FIGURA 9 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO (PERGUNTA 1)	72
FIGURA 10 – SIGNIFICATIVO DE CUSTO E NÍVEL DE SERVIÇO	73
FIGURA 11 – RESULTADO CONSOLIDADO PARA O MODAL RODOVIÁRIO.....	74
FIGURA 12 – RESULTADO CONSOLIDADO PARA O MODAL FERROVIÁRIO.....	74
FIGURA 13 – RESULTADO CONSOLIDADO PARA O MODAL HIDROVIÁRIO.....	75
FIGURA 14 – INTERPRETEAÇÃO DE VALORES PARA QS_{NS}	78

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAREADA AHP	62
TABELA 2 – VALORES DE ÍNDICE RANDÔMICO	63
TABELA 3 – COMPARATIVO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE	66
TABELA 4 – VALORES PARA O FATOR CUSTO.....	77

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – COMPARATIVO DOS FATORES UTILIZADOS NOS MÉTODOS DE CUSTOS DE TRANSPORTES	41
QUADRO 2 – VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NO NÍVEL DE SERVIÇO	49
QUADRO 3 – ESTRUTURA DO QUESTIONÁRIO	59
QUADRO 4 – ESCALA NUMÉRICA DE SAATY	62
QUADRO 5 – VARIÁVEIS DA COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DO MODAL RODOVIÁRIO	64
QUADRO 6 – VARIÁVEIS DA COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DO MODAL FERROVIÁRIO	65
QUADRO 7 – VARIÁVEIS DA COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DO MODAL HIDROVIÁRIO	65

LISTA DE SIGLAS

AHP – Processo Analítico Hierárquico
AMD – Apoio Multicritério à Decisão
ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários
ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento
CIF – Cost, insurance and freight
CNT – Confederação Nacional de Transportes
CSCPM – Council of Supply Chain Management Professionals
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO – Food and Agriculture Organization
FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas
FOB – Free on board
GAMS – Sistema Geral de Modelagem Algébrica
GEE- Gases do Efeito Estufa
GSA – Granel sólido Agrícola
IBGE – Instituto Brasileiro Geográfico
IC- Índice de Consistência
IHHA- International Heavy Haul Association
IR- Índice de Consistência Randômico
NS – Nível de serviço
PCM – Problema de Complementaridade Mista
PIB – Produto Interno Bruto
PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes
RC – Razão de Consistência
WEF – World Economic Forum

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 JUSTIFICATIVA	16
1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA	18
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	19
1.4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	20
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 MATRIZ BRASILEIRA DE TRANSPORTE.....	23
2.2 LOGÍSTICA	25
2.3 SISTEMA DE TRANSPORTE	26
2.4 MODELOS EXISTENTES PARA A ANÁLISE DE CUSTOS DE TRANSPORTE	33
2.5 NÍVEL DE SERVIÇO	42
2.6 MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO (AMD)	49
3 MÉTODOS DA PESQUISA.....	52
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	53
3.2 ETAPAS DA PESQUISA.....	54
3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES PARA A ANÁLISE	55
3.4 CATEGORIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS IDENTIFICADAS E DEFINIÇÃO DOS FATORES PARA O ESTUDO	56
3.5 DETERMINAÇÃO DA RELEVÂNCIA DOS FATORES	57
3.6 UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP	59
3.7 UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA ANTAQ	63
3.8 DESENVOLVIMENTO DA EQUAÇÃO	66
4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS	68
4.1 CATEGORIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS	68
4.2 RESULTADOS DA PESQUISA APLICADA À ESPECIALISTAS	71
4.3 CÁLCULO DA QUALIDADE DO SERVIÇO	75
5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	80
5.1 DO OBJETO DA PESQUISA	80
5.2 DA METODOLOGIA APLICADA	81
5.3 DOS RESULTADOS ALCANÇADOS.....	82
5.4 DOS TRABALHOS FUTUROS.....	82

REFERÊNCIAS.....	84
APÊNDICE 1 – DETALHAMENTO DOS MODELOS EXISTENTES PARA CÁLCULO DE CUSTO DE TRANSPORTE.....	92
APÊNDICE 2 – MEMORIAL DE CÁLCULO DO MODAL RODOVIÁRIO	108
APÊNDICE 3 – MEMORIAL DE CÁLCULO DO MODAL FERROVIÁRIO.....	119
APÊNDICE 4 – MEMORIAL DE CÁLCULO DO MODAL HIDROVIÁRIO.....	129

1 INTRODUÇÃO

Dentre os principais pilares do desenvolvimento econômico de uma nação, destaca-se o transporte de pessoas e produtos. Neste contexto, compreender os detalhes relacionados as facilidades e trâmites dos serviços de transporte é fundamental para o equacionamento econômico de um país (BRASIL, 2017).

O sistema de transportes brasileiro encontra-se entre o movimento de modernização das empresas, devido a demanda de serviços logísticos cada vez mais eficientes e a conjuntura atual problemática da infraestrutura disponível, distorcendo dessa forma a matriz de transportes brasileiro, comprometendo não apenas a qualidade de serviço, mas também o desenvolvimento econômico e social do país (WANKE & FLEURY, 2006).

A maior preocupação com o transporte de mercadorias produzidas e que precisam ser levadas até o mercado consumidor, surgiu no século XX, quando o incremento das atividades agrárias trouxe a necessidade de escoamento da sua produção. A evolução dos conceitos de transporte ganhou força a partir dos anos 1970, em decorrência de profundas mudanças nos processos industriais, da incorporação das tecnologias de comunicação e informática, assim como das novas logísticas de abastecimento e escoamento de produtos (BARAT, 2007).

No Brasil, o setor de transportes, de carga, principalmente, sofre com diversos gargalos que afetam diretamente a produtividade. Um dos principais gargalos deve-se ao fato do sistema de transporte brasileiro ser muito dependente do modal rodoviário. O transporte de commodities através da diversificação de modais (hidroviário, rodoviário, ferroviário) chega a ter custos 20% inferiores com relação ao uso do modal rodoviário, restritivamente (VETTORAZZI;JOÃO, 2016).

O valor do PIB nacional no ano de 2018 foi de R\$ 6,8 trilhões, do qual R\$ 256,08 bilhões são referentes ao setor de transportes, ou seja, o setor possui uma participação aproximada de 3,75% no PIB brasileiro (BRASIL, 2018).

De acordo com dados estatísticos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (BRASIL, 2020), o produto interno bruto (PIB) do ano de 2019, que é a soma de todos os bens e serviços produzidos no país, sofreu um crescimento de 1,1% em relação ao de 2018, porém, no setor de transportes, o acumulado do ano apresentou um crescimento acumulado abaixo do esperado, com uma taxa de expansão de apenas 0,2%.

Nos últimos anos, em um cenário de consolidação de desenvolvimento econômico, torna-se necessário definir as prioridades de investimentos em infraestrutura, uma vez que é observada a escassez de recursos e a saturação da capacidade atual da infraestrutura do país (ELLER et al, 2011). Dessa forma, é importante adquirir conhecimento sobre a matriz de transporte atual para direcionar os investimentos de maneira otimizada.

Diante da necessidade de melhorias da qualidade e da eficiência do sistema de transportes para atender as expectativas do crescimento econômico, é fundamental desenvolver estudos que auxiliem a definição de prioridades de investimentos, visando ao equilíbrio econômico e social do Brasil. É possível compreender que o desenvolvimento econômico coloca em xeque a questão da infraestrutura de transportes como um gargalo fundamental, pois grande parte das mercadorias que chegam aos mercados externos passa, em algum momento, pela malha rodoviária nacional (ELLER et al, 2011).

O transporte é uma atividade em evidência no âmbito empresarial, pois, simplificada, resulta em levar uma mercadoria de um lugar ao outro, o que consiste em um meio possível de realizar a entrega dos produtos desde a produção, até o cliente final. A análise do transporte se inicia na escolha do tipo de modal, adequando esta escolha, por exemplo, às rotas existentes e ao tipo de carga a ser movimentada, visando atender as necessidades do cliente.

Dentro do contexto brasileiro, são cinco os modais de transporte de cargas mais usuais: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Os modais são selecionados conforme o tipo de carga a ser transportada, principalmente de acordo com as características específicas em sua operacionalização e custos (KONISH & COLAVITE, 2015).

Segundo Ballou (2001), a seleção de um modal de transporte pode ser usada para criar vantagem competitiva do serviço. Com a evolução do mercado e o aumento da oferta e demanda, as empresas se preocupam cada vez mais em atender o cliente em relação ao nível de serviço oferecido. Para isto, é necessário identificar e avaliar os fatores necessários para a elaboração dos níveis de serviço.

Atividades industriais, agrícolas e agroindustriais formam complexas cadeias produtivas em escala mundial, que originaram a necessidade de cadeias logísticas para o abastecimento e escoamento de mercadorias. Dessa forma, o transporte

contempla as mais diferentes atividades como o manuseio, estocagem, transferência/transbordo e a movimentação de cargas propriamente dita.

Dados da Embrapa apontam que o Brasil é um dos maiores produtores de grãos do mundo, alcançando, em 2015/2016, uma safra de 166,5 milhões de toneladas, com estimativa de crescimento para 255 milhões de toneladas em dez anos. Além disso, segundo o IBGE (BRASIL, 2020), o Brasil obteve uma supersafra no ano de 2020, atingindo o recorde de 119,9 milhões de toneladas de grão de soja no primeiro semestre (TERRA, 2020). Dessa forma, esta pesquisa é voltada ao estudo das cargas granéis sólidos agrícola (GSA) estudo para as cargas de granéis sólidos agrícolas.

Embora seja um país em desenvolvimento, o Brasil carece de um sistema logístico de transporte eficiente (REIS, 2011) que, além de obsoleto e pouco estratégico, é muito custoso.

Os produtos agroindustriais, em especial os granéis sólidos, apresentam um baixo valor agregado. Por outro lado, as regiões produtoras e consumidoras muitas vezes são bastante distantes, pela natureza migratória da agricultura para regiões de fronteira agrícola. Conjuntamente, esses fatores conferem custos significativos à distribuição dos produtos (GAMEIRO, 2003).

Dessa forma questiona-se: **Como definir a melhor opção de modal de transporte para escoamento de cargas que atenda os principais fatores de nível de serviço?**

Este trabalho propôs um comparativo da Qualidade de Serviço (QS) dos modais de transporte, auxiliando o usuário na tomada de decisão pela escolha do modal a ser utilizado para o transporte de cargas, a partir da análise dos principais fatores para alcançar o nível de serviço desejado e na composição de custos de transporte.

1.1 JUSTIFICATIVA

A cadeia logística é composta por diversos fatores decisivos, dos quais o nível de serviço pode ser destacado. A competitividade no transporte de um produto é baseada no equilíbrio entre custo e qualidade do serviço. Segundo Fonseca (2013), a

eficiência logística é fundamental ao comércio globalizado, sendo parte essencial das trocas comerciais entre os mais diversos países.

De acordo com o Relatório nº 117392-BR do Grupo Banco Mundial, publicado em 2017, a infraestrutura é fundamental para o desenvolvimento econômico e para a integração comercial interna e internacional. É de conhecimento geral, de políticos e empresários, que a deficiência na infraestrutura vem atrasando o crescimento de países devido à baixa qualidade da rede de transporte.

Um dos principais objetivos do sistema logístico de transportes de cargas de um país reside na escolha do modal de transporte mais eficiente, na simplificação e na praticidade do escoamento da produção para o mercado interno e externo, ocasionando a redução dos custos associados e aumentando a competitividade do país no cenário nacional e internacional (BRASIL, 2017).

No transporte de produtos, diversos parâmetros interferem no nível de serviço desejado pelo cliente e, dependendo da característica do serviço, é feita a escolha pelo modal mais adequado (SILVA e CURI, 2017). Indicadores relacionados aos serviços de transporte podem auxiliar na tomada de decisão, além de nortear políticas públicas e privadas (GAMEIRO, 2003).

Esta pesquisa é motivada pela necessidade de desenvolvimento, acompanhamento e análise dos níveis de serviço para a escolha do modal de transporte de cargas no Brasil, a fim de otimizar as rotas logísticas e dar suporte na decisão do melhor caminho logístico para o escoamento de cargas. Para tanto, será analisada a carga granel sólido agrícola, o que abrange principalmente grãos como a soja, produto o qual o Brasil é o segundo maior produtor mundial (117 milhões de toneladas), estando atrás apenas dos EUA (120,5 milhões de toneladas) (FIESP, 2020).

O processo de escolha do modal, que engloba o modelo comparativo entre os modais de transporte, que pretende ser o objeto de estudo da presente dissertação, é responsável pela eficiência e eficácia da operação de transportes, uma vez que, elevados custos de transporte e baixo nível de serviço podem acarretar a perda de competitividade dos produtos no mercado internacional e ao aumento dos preços no mercado doméstico, tornando necessária a busca de um equilíbrio entre os fatores referentes ao nível de serviço ofertado.

Sendo assim, o estudo apresentado permite a análise comparativa e decisão dos fluxos de carga de acordo com o melhor modal disponível e da sua distribuição

geográfica, ocasionando uma melhor interpretação sobre as rotas logísticas para comércio de produtos, em termos de qualidade e de desenvolvimento econômico, social e ambiental.

A pesquisa em questão, pode ser utilizada para avaliar as condições específicas de transporte, possibilitando direcionar investimentos públicos em rotas de escoamento de cargas mais vantajosas.

Segundo Menchik (2010), em seu livro “Gestão estratégica de transporte e distribuição”, os EUA e a Europa possuem um custo logístico inferior ao do Brasil, ainda que estes países ofereçam um nível de serviço melhor, devido à exigência dos consumidores. Ainda de acordo com o autor, o transporte é a interface entre as mercadorias transportadas e o cliente, as quais podem ser transportadas por diversos modais, sempre buscando a melhor configuração para proporcionar o melhor nível de serviço ao cliente e melhor custo total possível.

Além disso, segundo Celso Moretti (2019), presidente da Embrapa, o agronegócio é responsável por cerca de 25% do PIB e emprega um terço da população ativa. O Brasil é um dos maiores produtores de *commodities* do mundo, principalmente os agrícolas. Contudo, o preço das commodities é regido pelo livre mercado, obedecendo a lei da oferta e procura e a política monetária mundial (REIS, 2018). Portanto, é fundamental buscar otimizar os custos logísticos internos, uma vez que, o custo e o nível de serviço, objetos deste trabalho, são realizados pelos produtores e, se melhorarmos os resultados dos produtores, nos tornaremos mais competitivos.

1.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Esta pesquisa buscou avaliar o peso dos fatores de nível de serviço e do custo de transporte. Isso possibilitou que, além do custo de transporte, o transportador também leve em consideração o nível de serviço com o qual o produto chegará ao cliente, podendo optar pela melhor escolha de modal em relação a essa combinação de fatores e/ou possibilitando uma análise de desempenho por meio da combinação entre modais de transporte.

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é propor um modelo para análise e tomada de decisão na escolha do modal de transporte, a partir da análise dos fatores de nível de serviço e de custos de transporte nos modais rodoviário, ferroviário e hidroviário no Brasil para o transporte de graneis sólidos agrícolas.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo principal, foram atendidos os objetivos específicos em diferentes etapas da pesquisa, conforme descrito a seguir.

- a) Identificar os critérios para o estabelecimento do custo de transporte para os modais estudados;
- b) Definir os fatores de nível de serviço que serão utilizados na pesquisa;
- c) Propor a categorização para os fatores selecionados;
- d) Estabelecer pesos relativos aos fatores de nível de serviço por meio de análise multivariada;
- e) Desenvolver a equação para a inserção do fator de nível de serviço no cálculo do custo de transporte, indicando a Qualidade de Serviço (QS) para a análise e tomada de decisão;

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Com foco no transporte nacional de grãos, a análise é desenvolvida para os produtos da categoria Granel Sólido Agrícola (GSA). Para isso, foram consultadas as referências bibliográficas que abordam pesquisas sobre esse tipo de mercadoria, bem como os parâmetros aplicados para a medição do nível de serviço oferecido pelos modais de transportes utilizados no Brasil.

O modelo para análise e tomada de decisão considerou a realidade nacional de visão geral, a partir da opinião de especialistas de diferentes regiões do país, sendo possível a aplicação futura para determinadas regiões, guardadas as especificidades

de cada região, visto que o Brasil ser um país de grandes proporções, com características regionais muito específicas.

Os modais de transporte de cargas mais utilizados no país são cinco, a saber: rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Cada um possui estrutura de custos e características operacionais específicas que os tornam mais adequados para determinados tipos de produtos e de operações. Dentre a multimodalidade neste estudo, serão contemplados três modais que, conforme apresentado por Pontes et al (2009), contemplam o transporte nacional de grãos, a saber: rodoviário, ferroviário e aquaviário.

Destes, atualmente, o rodoviário tem grande utilidade devido ao fácil acesso aos locais de produção, o ferroviário tem grande destaque devido a sua capacidade e o aquaviário possui o custo de transporte como um ponto forte a seu favor. Devido a características específicas, apresentadas afundo no decorrer do trabalho, os modais aéreo e dutoviário não serão contemplados, pois não apresentam vantagens competitivas para grandes volumes no transporte de granéis sólidos agrícolas. O modal dutoviário não é utilizado devido às características físicas do produto, enquanto que o modal aéreo é extremamente caro para o transporte de *commodities* (PONTES et al, 2009).

Em todas prestações de serviço onde existe um produtor e um cliente, o transporte da carga é parte essencial do processo para efetuar a compra e venda de mercadorias. Diretamente relacionado a esta etapa da cadeia logística, neste caso o transporte, pode-se considerar que o nível de serviço é um item elementar e fundamental para a composição de custos e escolha do cliente.

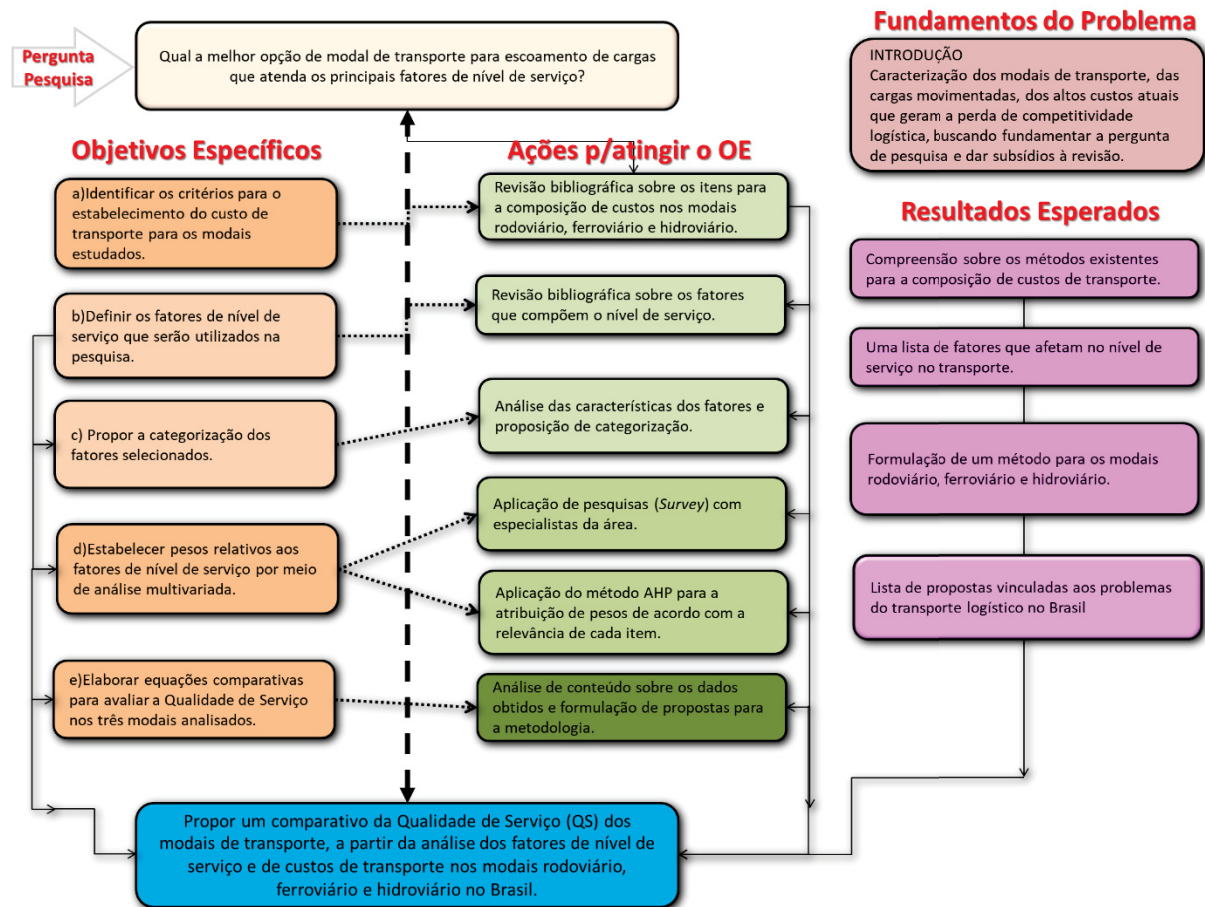
1.4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Os procedimentos metodológicos da pesquisa encontram-se detalhados no fluxograma presente na FIGURA 1FIGURA 2 – . Pode-se observar que as etapas do estudo correspondem aos objetivos específicos, enquanto que os resultados esperados como resposta do problema de pesquisa foram atingidos por meio de ações, descritas na coluna central.

Para atingir os objetivos específicos, a primeira ação tomada é a revisão de literatura no contexto de custos de transporte, seguida da análise de nível de serviço.

A partir desta análise inicial de conteúdo, são listados os fatores que ocasionam impactos no nível de serviço, nos quais foram atribuídos pesos embasados por pesquisas junto a especialistas da área. Por fim, essa revisão de literatura em conjunto com a análise multivariada dos fatores permitiu estruturar a formulação da equação de custo de transporte em conjunto com o fator de nível de serviço para cada modal.

FIGURA 1 – PROCEDIMENTO METODOLÓGICO DA PESQUISA



FONTE: A AUTORA, 2020.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O primeiro capítulo apresenta, além da introdução sobre o tema, a justificativa da pesquisa, os objetivos gerais e específicos, a delimitação da pesquisa e os procedimentos metodológicos. No capítulo 2, encontra-se apresentada a revisão de literatura, tratando do transporte de cargas brasileiro, da logística como estratégia de negócios, seguido do sistema de transportes, os modais definidos para a análise, a revisão dos métodos existentes para avaliar custos de transportes, além do detalhamento do nível de serviço e dos principais fatores que o compõem.

Em seguida, no capítulo 3, é apresentada a metodologia deste trabalho, contemplando as etapas envolvidas para a coleta e tratamento dos dados, para alcançar os objetivos dessa dissertação. Para o tratamento dos dados obtidos com a pesquisa, optou-se por utilizar o método de análise hierárquica (AHP), portanto a descrição deste método também está contemplada pelo terceiro capítulo.

No capítulo 4 são apresentados o desenvolvimento e os resultados alcançados com a pesquisa. No capítulo 5, além das conclusões, são também apresentadas as sugestões de trabalhos futuros. Por fim, são apresentados os Apêndices desta pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão de literatura desenvolveu-se através assuntos relacionados ao tema de pesquisa, a fim de identificar os principais estudos existentes que poderão auxiliar no desenvolvimento da presente dissertação, abrangendo tópicos como, por exemplo, o transporte brasileiro de cargas, os níveis de serviço das modalidades de transporte e os modelos existentes.

2.1 MATRIZ BRASILEIRA DE TRANSPORTE

Dentro do setor de transportes, um país torna-se competitivo a medida que sua infraestrutura viária possa atender as necessidades e demandas para o escoamento de cargas (KONISHI & COLAVITE, 2015). Portanto, o desequilíbrio no uso dos modais de transporte é prejudicial ao país.

Segundo dados do Anuário Estatístico da Confederação Nacional de Transportes (BRASIL, 2018), a matriz de transporte brasileira conta com a participação em mais de 60% do modal rodoviário. Com relação à malha rodoviária federal, o país conta com 75,8 mil km, dos quais 65,4 mil km correspondem a rodovias pavimentadas e 10,4 mil km correspondem a rodovias não pavimentadas (BRASIL, 2019). Países com dimensões similares ao Brasil como Rússia, Canadá, EUA e Austrália possuem uma matriz de transportes mais balanceada.

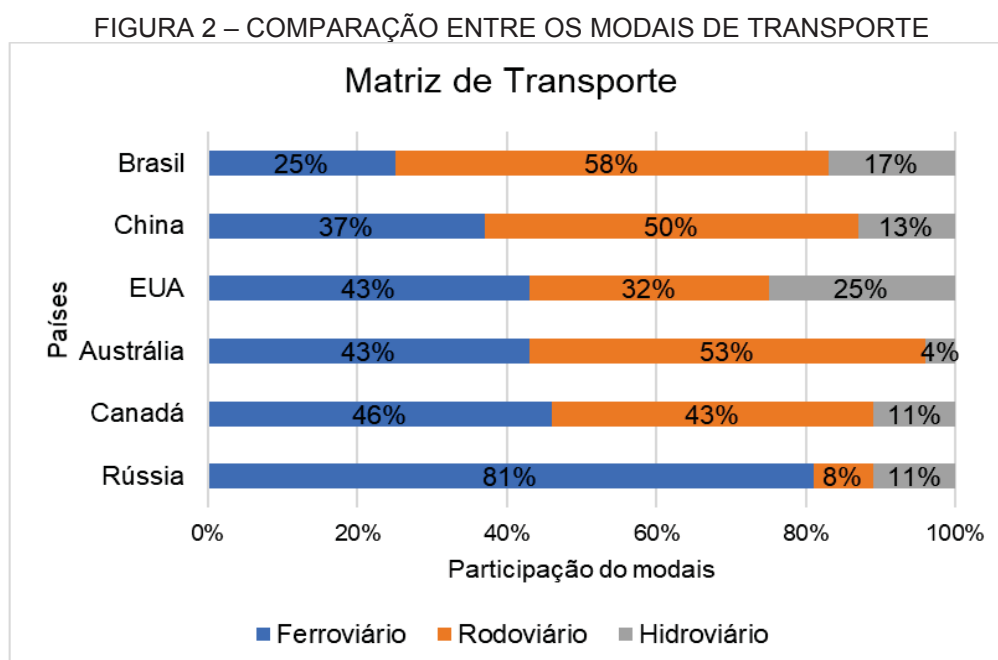
De acordo com estudo da LCA Consultores, cuja fonte foi o relatório de competitividade nos anos de 2009/2010 do Fórum Econômico Mundial, a má qualidade de estradas, portos, ferrovias e aeroportos brasileiros prejudicou o país no *ranqueamento* da qualidade de infraestrutura. Em geral, o Brasil obteve média 3,4, abaixo da média mundial de 4,1 na pontuação entre 1 e 7. Dentre os itens avaliados, a qualidade da infraestrutura portuária brasileiro foi o de pior desempenho (Globo G1, 2010).

Em outra pesquisa, realizada com o índice 2015/2016 sobre a qualidade da infraestrutura do World Economic Forum (WEF), os EUA apareceram em 13ª posição, porém ainda assim atrás de diversos países, como, Suíça, Japão e Alemanha. Já o Brasil obteve a 123ª posição, de acordo com o Banco Nacional do Desenvolvimento (BRASIL, 2016).

Comparando os dados brasileiros com alguns países do mundo com grandes extensões territoriais e elevada relevância econômica, é possível perceber as contradições da matriz logística do Brasil. Ao contrário do caso brasileiro, EUA, China e Rússia utilizam-se amplamente do modal ferroviário para cobrir suas vastas extensões territoriais, fato que repercute favoravelmente não só sobre a relação consumo energético/emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE) como também no que tange aos custos relacionados ao frete das cargas. (ANDRADE & MATTEI, 2011).

De acordo com a FIGURA 2, é possível observar que diversos países buscam equilibrar os seus modais com o objetivo de obterem benefícios com a utilização de um sistema intermodal, situação que, infelizmente, ainda não ocorre com êxito no Brasil.

O Plano Nacional de Logística e Transportes - PNLT foi concebido com o objetivo de melhorar o escoamento da produção nacional por uma matriz de transportes equilibrada, prevendo uma meta de crescimento nos modais ferroviário e hidroviário de 25% para 35% e de 13% para 29%, respectivamente, para o horizonte de 2025 (BRASIL, 2018).



FONTE: ADAPTADO DE ABDIB, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE BASE, 2013

Dentre as modalidades mais utilizadas no Brasil o rodoviário transporta aproximadamente três vezes mais que o ferroviário e mais de quatro em relação ao

aquaviário. Tal proporção demonstra o impacto nos custos de operação, pelo simples fato de ter o frete mais oneroso (KONISH & COLAVITE, 2015).

2.2 LOGÍSTICA

O termo “logística” é definido como “o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relacionadas, desde o ponto de origem até o ponto de consumo, procurando sempre atender as necessidades dos clientes” (CSCMP, 2009).

Segundo Ballou (2001) a logística envolve todas as operações relacionadas com planejamento e controle de produção, movimentação de materiais, embalagem, armazenagem e expedição, distribuição física, transporte e sistemas de comunicação. Estas atividades, se realizadas de maneira sincronizada, podem criar um potencial competitivo para a empresa em relação aos concorrentes, a partir do valor agregado aos serviços oferecidos para o cliente.

Na realidade competitiva entre produtos e/ou serviços, a logística (entrega) pode impactar negativamente a avaliação global feita pelo cliente, conforme o desempenho das entregas em relação a custo, nível de serviço, prazos e consistência do serviço, podendo implicar em perda de fidelidade (BALLOU, 2006).

Deve-se levar em consideração que a logística não é apenas uma atividade que gera custos ao processo, mas que também agrega valor, portanto, deve ser considerada como uma atividade de gestão e ser realizado o acompanhamento e avaliação de suas características e particularidades (SCHMITT, 2002).

Toda a gestão de fluxos entre funções foi incorporada pela logística, tradicionalmente vista apenas como entrada, saída e armazenagem, passou a incorporar os processos e suas atividades das formas de movimentos de produtos, de informações e de pessoas. (DORNIER et al., 2000).

No artigo *Scenario analysis of Brazilian soybean exports via discrete event simulation applied to soybean transportation: The case of Mato Grosso State* os autores abordam a dificuldade competitiva do Brasil devido aos impasses na distribuição dos produtos, ocasionado pelos problemas na rede logística (LOPES et al, 2017). O objetivo do estudo foi auxiliar na tomada de decisões estratégicas para o transporte, a qual baseia-se nos custos de rotas e na disponibilidade dos portos.

Para Bowersox e Closs (2001), a logística tem como objetivo principal atingir um nível de serviço ao cliente pelo menor custo total, oferecendo flexibilidade e agilidade, comprometendo-se em buscar entregar um serviço perfeito. Também pode ser vista como uma última fronteira para a redução de custos na empresa, onde o transporte é o seu principal componente (CAIXETA FILHO & MARTINS, 2001). Para Wanke e Zinn (2004), cabe à logística entregar o valor ao cliente. A criação do valor é a criação de características de um produto ou serviço que o tornem desejáveis. Para isso, devem-se agregar os valores de lugar e tempo.

O emprego da logística atrai vantagens, pois ela controla e harmoniza as exigências entre oferta e demanda, produção e distribuição, aplicando metodologias e sistemas para reduzir custos e melhorar a qualidade do serviço (MENDES, 2013).

O transporte é um dos mais importantes elos da cadeia logística, pois conta com as técnicas para acondicionamento, manuseio, transferência/transbordo, estocagem e movimentação das mercadorias. Barat (2007, p. 20) explica: Alguns autores em logística tratam da escolha do modal, relacionando alguns atributos importantes para embasar a tomada de decisão. Muitos outros autores têm se dedicado ao desenvolvimento de modelos e ferramentas que possam auxiliar o tomador de decisão de maneira racional, escolhendo um modal de transporte ou a possibilidade de combinação de mais de um modal (GRANEMANN & GARTNER, 2000).

2.3 SISTEMA DE TRANSPORTE

Para se organizar um sistema de transportes é preciso ter uma visão sistêmica e planejamento, sendo necessário ter o conhecimento sobre alguns dados e conceitos como, por exemplo: fluxos, nível de serviço atual e desejado, características sobre a carga, tipos de equipamentos disponíveis e os sete princípios referentes à aplicação do enfoque sistêmico (ALVARENGA & NOVAES, 2000).

A atividade de transporte deve agregar valor ao produto pelo serviço prestado, pois essa é a sua principal função. O processo de movimentação de mercadoria de um ponto de origem até um ponto de destino definido vai auxiliar na formação de uma opinião do cliente sobre o nível de serviço prestado (BELÉM JUNIOR, 2007).

Tanto no âmbito das políticas públicas de investimento em infraestrutura quanto no âmbito gerencial de empresas privadas e estatais, a escolha dos modais de transporte é a principal decisão relativa ao transporte de cargas (FIGUEIREDO, FLEURY & WANKE, 2003).

A análise do transporte começa pela escolha do tipo de modal adequado, visando atender a demanda do cliente. Para se escolher o modal mais adequado, é preciso observar as características operacionais com o tipo de produto a ser transportado (MENDES, 2013).

Para definir o modal de transporte do produto desejado, deve-se observar as características operacionais relativas por modal de transporte. De acordo com Fleury (2000), em relação aos modais, há cinco pontos relevantes a serem levados em consideração para a escolha do melhor transporte: velocidade, disponibilidade, confiabilidade, capacidade e frequência.

De acordo com a Lei Nº 9.611 de fevereiro de 1998, o transporte multimodal de cargas é aquele regido por apenas um contrato, mas que atua com duas ou mais modalidades de transporte.

Um fator determinante para a formulação de estratégias logísticas de transporte é que, de forma geral, pode-se dizer que as decisões em relação ao modal de transporte afetam significativamente a relação entre custos fixos e variáveis no transporte de cargas (WANKE (2003).

O preço do transporte, o frete, é determinado por uma série de fatores, sejam eles intrínsecos ao serviço de transporte (como o custo operacional do frete), ou mesmo relacionados ao mercado do produto a ser movimentado, como seu preço, por exemplo (GAMEIRO, 2003).

Para Ballou (2001), o transporte é geralmente o elemento mais importante nos custos logísticos para a maioria das empresas, pois a movimentação de fretes absorve entre um a dois terços do total dos custos logísticos. O autor ainda destaca que, em um país ou uma região com um sistema de transporte precariamente desenvolvido, a abrangência do mercado limita-se a áreas imediatamente próximas dos pontos de produção.

2.3.1 Modais de transporte

A tomada de decisão entre as alternativas existentes é ponto essencial na distribuição de mercadorias, por isso é de extrema importância conhecer a característica de cada um deles. Quando se trata da escolha do modal de transporte, pode-se considerar cinco opções mais usuais no Brasil, são elas: rodoviária, ferroviária, aeroviária, hidroviária, dutoviária. Dentre essas opções, serão analisadas apenas aquelas com maior diversidade de caminhos logísticos e com possibilidade de transportar o tipo de carga em estudo, que é a granel sólido agrícola.

Algumas características mais relevantes de cada modal são apresentadas por Demaria (2004), a saber:

- Rodoviário: agilidade e flexibilidade, mas os custos variáveis são elevados;
- Ferroviário: capacidade média, agilidade média, baixa flexibilidade e custo médio.
- Aquaviário: alta capacidade a custos baixos e baixa agilidade e flexibilidade;
- Aéreo: rapidez, baixa capacidade de carga, custos elevados e alta flexibilidade.
- Dutoviário: baixa flexibilidade, baixa agilidade e baixos custos.

Os modais aeroviário e dutoviário apresentam grandes restrições quanto ao tipo de carga a ser movimentada e às dimensões da carga. Os dutos operam com cargas líquidas, gases e grãos, porém, apesar da grande vocação dos dutos para transporte de óleos e petróleo, o Brasil possui uma malha dutoviária pequena, de aproximadamente 1.590 km para petróleo e pouco mais de 11.000 km de extensão para derivados, enquanto que os EUA possuem 89.000 km e 153.000 km para petróleo e derivados, respectivamente (ILLOS, 2014). Já o modal aéreo possui baixo desempenho em termos de consistência, restrição na dimensão das cargas transportadas e custo elevado (WANKE, 2015). Dessa forma, não serão analisados os modais aeroviário dutoviário no presente estudo.

Dependendo das características do serviço, será feita a seleção de um modal de transporte ou do serviço oferecido dentro de um modal. A seleção de um modal de

transporte pode ser usada para criar uma vantagem competitiva do serviço (BALLOU, 2001).

Dentre os modais de transporte, existem definições sobre a maneira como eles podem se relacionar, utilizando-se um ou mais modais para uma movimentação. De acordo com Rodrigues (2002), estes modos são: unimodal, sucessivo, segmentado e multimodal. O transporte unimodal é quando a carga é transportada utilizando um único veículo de um meio de transporte, com contrato único; o sucessivo é quando se utiliza mais de um veículo, porém do mesmo meio de transporte, podendo haver contratos distintos; o transporte segmentado é quando se utilizam veículos diferentes, de uma ou mais modalidades de transporte, com todos os serviços contratados separadamente; o transporte multimodal é quando a carga é transportada utilizando dois ou mais meios de transporte, contempladas em um só contrato.

Podemos analisar e classificar qual o melhor modal observando a velocidade, disponibilidade, confiabilidade, capacidade e frequência de cada um dos modais (MENDES, 2013). A seguir são apresentados os modais em análise para o desenvolvimento do método.

A logística de transporte deve utilizar todos os instrumentos ao seu alcance para a escolha do melhor modal ou modais, desde que se obtenha o sucesso logístico através da medida certa de forma eficaz para um melhor resultado na operação (DEMARIA, 2004).

2.3.1.1 Modal Rodoviário

Pode-se dizer que o Brasil é um país rodoviário, pela quantidade de estradas construídas em comparação a outras alternativas de modais. De acordo com Rodrigues (2002, p.51), o menor custo de implantação por quilômetro é uma das explicações para a rápida ampliação da infraestrutura rodoviária, além, é claro, do menor prazo para construção de rodovias. A partir disso, surgiram diversas empresas transportadoras.

O transporte rodoviário é aquele que se realiza em estradas de rodagem, com utilização de veículos como caminhões e carretas. Segundo dados do Anuário Estatístico da Confederação Nacional de Transportes (CNT, 2018), a matriz de transporte brasileira conta com a participação em mais de 60% do modal rodoviário. Com relação à malha rodoviária federal, o país conta com 75,8 mil km, dos quais 65,4

mil km correspondem a rodovias pavimentadas e 10,4 mil km correspondem a rodovias não pavimentadas.

O transporte rodoviário de cargas é o mais expressivo no Brasil, possuindo a possibilidade de atingir praticamente todo o território nacional (FERREIRA & RIBEIRO, 2002). Apesar do transporte de cargas no Brasil ser majoritariamente rodoviário, a manutenção das rodovias é precária e esta situação aumenta os custos e os tempos de viagens, além de poder deteriorar mais rapidamente a frota existente (SANTOS, 2005).

A simplicidade deste modal pode ser considerada seu ponto forte, pois sua disponibilidade para embarques urgentes é garantida e não apresenta demais dificuldades (DEMARIA, 2004).

Segundo Caixeta Filho e Martins (2001) a capacidade de oferecer um serviço porta-a-porta é uma das principais vantagens do modal rodoviário, uma vez que os demais modais estão limitados a instalações fixas. O modal rodoviário permite o trânsito entre rodovias de países diferentes em uma mesma viagem. É considerado adequado para curtas e médias distâncias e recomendado para transportar mercadorias perecíveis ou de alto valor agregado (PORTO GENTE, 2016).

Outra vantagem do modal rodoviário é que ele é o único modal capaz de unir todos os demais, unindo pontos de origem produtiva até pontos de entrega intermediário ou final (MENDES, 2013). A partir do exposto por Mendes (2013), pode-se destacar algumas vantagens do modal rodoviário:

- Disponibilidade de infraestrutura;
- Possibilidade de serviço porta a porta;
- Maior rapidez na entrega;
- Possibilidade de transportar pequenas quantidades de cargas;
- Possibilita a utilização de embalagens mais simples e de menor custo.

Entretanto, este modal também possui desvantagens como, por exemplo:

- Alto preço e consumo de combustível;
- Maior custo operacional;
- Menos capacidade de carga;
- Potencializa a necessidade de investimentos públicos para a manutenção das rodovias.

2.3.1.2 Modal Ferroviário

A estrada de ferro inaugurou uma etapa decisiva da história da humanidade, onde, por sua capacidade de transportes, a ferrovia aumentou a produção e intensificou a dinâmica econômica, sendo essencial para o desenvolvimento no século XIX (CLOZIER, 1969). O setor ferroviário brasileiro é disciplinado pelo Regulamento dos Transportes Ferroviários, aprovado pelo decreto nº 1.832 de março de 1996.

Com a privatização das ferrovias, ocorrida na segunda metade da década de 90, começou uma recuperação na estrutura ferroviária brasileira, que atualmente transporta basicamente granéis (SANTOS, 2005).

O modal ferroviário é caracterizado, principalmente, pela capacidade de transportar grandes volumes, com eficiência energética. Este transporte é recomendado para deslocamentos de médias e grandes distâncias. Segundo dados da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT, 2020), o Brasil conta com uma malha ferroviária de 25.599 km de extensão. Outro fator a ser considerado nesse modal é a segurança no transporte de cargas, possuindo um menor índice de acidentes e menor incidência de furtos e roubos que o modal rodoviário.

No Brasil, a representatividade deste modal é inferior a outros países de grande extensão territorial. De acordo com as estatísticas do Ministério dos Transportes, a participação das ferrovias no transporte do país atingiu 23% entre as décadas de 1980 e 1990.

As características técnicas e operacionais do modal ferroviário propiciam o transporte de cargas de baixo valor agregado e de contêineres, especialmente para grandes distâncias (SANTOS, 2005).

Com relação aos custos, este modal apresenta custos fixos elevados em vias férreas, terminais e equipamentos. Porém seu custo variável é baixo. Embora o custo seja inferior ao transporte rodoviário, este ainda não predomina na matriz de transportes nacional, devido aos problemas ou falta de infraestrutura e investimentos nas ferrovias (FERREIRA & RIBEIRO, 2002).

O importante para as ferrovias é movimentar cargas volumosas e em grandes distâncias, pois dessa maneira é possível dissolver os custos fixos elevados e diminuindo, conseqüentemente, o custo unitário (BALLOU, 2001). Complementando, o autor cita a importância da integração entre os modais ferroviário e rodoviário, para atender os clientes finais distantes das ferrovias.

Por um lado, a capacidade de transporte é vantagem, porém, por outro lado existe a necessidade de formar composições para o transporte, o que demanda por vezes, uma demora significativa no prazo. Além disso, esse modal apresenta uma limitação grande em relação à velocidade, operando geralmente em velocidades médias baixas. Portanto, conforme exposto por Mendes (2013), algumas vantagens do modal apresentado são:

- Capacidade de transportar grandes lotes;
- Minimização do valor dos fretes de acordo com o volume transportado;
- Possibilidade de promover estoques em trânsito.

Algumas desvantagens que podem ser apontadas pelo modal ferroviário dizem respeito, basicamente à infraestrutura, que pode ocasionar:

- Elevados tempos de viagem;
- Custo elevado quando houver necessidade de transbordo;
- Depende da disponibilidade de vagões e empresas operadoras;
- Baixa flexibilidade de rotas;
- Alta exposição a furtos de carga.

2.3.1.3 Modal Hidroviário

O modal hidroviário utiliza rotas pré-determinadas para o tráfego fluvial, como os rios ou lagoas navegáveis, com condições físicas que possibilitem a navegação, como a largura, a profundidade, os raios de curvas e a sinalização (Logística e o Mundo, 2017). Neste modal pode-se obter uma grande economia, além de ser um meio de transporte ambientalmente vantajoso.

O transporte hidroviário enquadra-se dentro do modal aquaviário, um dos mais diversificados, pois abrange os transportes em oceanos, mares, lagoas, rios ou canais, através de navios, balsas ou barcos (MENDES, 2013). Este tipo de modal apresenta três formas de transporte: a cabotagem que é a navegação entre portos marítimos, a navegação interior que é realizada em hidrovias interiores e a navegação de longo curso, realizada entre portos nacionais e internacionais (FERREIRA & RIBEIRO, 2002).

Levantamentos feitos pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2012) apontou uma extensão de 20.856 km de vias economicamente navegáveis. Porém, ainda de acordo com a ANTAQ, apenas 5% do que o Brasil produz é escoado por rios e pouco tem-se investido no modal hidroviário.

Em relação aos custos, o transporte hidroviário apresenta custo fixo intermediário (navios, comboios e equipamentos) e custo variável baixo, sendo o mais econômico dentre os modais existentes (FERREIRA & RIBEIRO, 2002).

O estudo de Rodrigues (2002) ressalta que o modal aquaviário/hidroviário tem como vantagem o baixo valor dos fretes e a elevada capacidade de transporte através do auxílio de rebocadores e empurradores. Porém, este modal opera em baixa velocidade e possui rotas fixas pois dependem da existência de vias navegáveis. A disponibilidade e confiabilidade desse modal depende, por vezes, das condições meteorológicas. De acordo com Mendes (2013) é possível destacar algumas características principais deste modal:

- Alta capacidade de transportar grandes volumes;
- Custo baixo e inferior aos demais;
- Poucas perdas e danos da carga.

Dentre os principais itens negativos destacam-se:

- Elevado tempo de viagem devido a baixas velocidades de operação;
- Transporta preferencialmente cargas não perecíveis;

2.4 MODELOS EXISTENTES PARA A ANÁLISE DE CUSTOS DE TRANSPORTE

Através dos métodos analisados para a composição de custos de transporte, percebeu-se a deficiência de se levar em consideração fatores referentes ao nível de serviço. Dentre os autores estudados, a abordagem gira em torno dos mesmos fatores principais como, por exemplo: demanda, distância, custos fixos e custos variáveis.

Almeida; Silva e Braga (2011) utilizam o modelo “tipo-gravidade” para determinar fatores dos custos de transporte das exportações brasileiras de café.

Similar a eles, Cateia et al (2018) utiliza o modelo de gravidade de Bergstrand, adaptado da fórmula padrão do modelo de gravidade.

Diversos autores, como Pereira et al (2016), Fachinello e Nascimento (2008) e Silva e Marujo (2012) utilizam modelos de Programação Linear para tratar do tema “custos de transporte” para os produtos fertilizantes, carnes e soja, respectivamente.

Em pesquisas complementares, identificou-se que Martins et al (2005) consideram que o custo total é a soma de custo de transporte e armazenagem.

Dada a exigência cada vez maior do consumidor/cliente na contratação de um serviço, inclusive o de transporte de carga, acredita-se que fatores referentes ao nível de serviço devam ser incluídos na análise de custo de transporte, podendo ser adaptada à uma metodologia existente ou desenvolvida uma metodologia própria a partir das referências utilizadas.

No trabalho de Akasaka et al (2015) foi analisado o desempenho de alternativas em relação ao custo e nível de serviço e os resultados mostraram a tendência em se atribuir mais importância ao nível de serviço em comparação ao custo da operação.

2.4.1 Modelo “tipo-gravidade”

De acordo com ALMEIDA et al (2011) A questão gravitacional tem sido utilizada para explicar fluxos internacionais, considerando que o volume de transações comerciais entre dois países é diretamente proporcional aos seus PIB's e inversamente proporcional à distância entre eles.

O modelo gravitacional foi inicialmente utilizado por Tinbergen (1962) e Linneman (1966) para explicar fluxos bilaterais de comércio. A equação (01) da gravidade básica é a seguinte:

$$T_{ij} = \alpha \frac{M_i M_j}{d_{ij}} \quad (01)$$

De acordo com Waydzik et al (2018), os modelos gravitacionais evoluíram em diversos aspectos e, em geral, incluíram outras variáveis além do PIB para simular a atratividade das trocas comerciais como, por exemplo, as variáveis destacadas por

Nascimento (2013): tamanho populacional e variáveis qualitativas, como idioma, adjacência, origem de colonização e pertencimento a blocos econômicos.

O estudo de Almeida et al (2011) teve como objetivo analisar os fatores determinantes do custo de transporte das exportações brasileiras de café verde, utilizando a razão CIF/FOB como variável dependente e baseando-se na equação básica “tipo-gravidade”. O autor destaca ainda que diversos outros autores representam o custo de transporte pela razão entre o preço CIF (*cost, insurance and freight*) e o preço FOB (*free on board*) de determinada mercadoria.

Para Silva et al (2016), a sigla FOB é utilizada na modalidade marítima ou fluvial e, neste caso o exportador é o responsável pela entrega da mercadoria e assume a responsabilidade sobre a operação e carregamento da carga. No caso, a responsabilidade do embarcador termina no despacho da mercadoria. Já a sigla CIF, que em português significa custo-seguro e frete, torna o exportador responsável pelo pagamento do frete e seguro internacional. Em outras palavras, a responsabilidade do embarcador vai até a entrega da mercadoria em seu destino final.

2.4.2 Modelo de gravidade de Bergstrand

Segundo Cateia et al (2018), o modelo de Bergstrand (1985) é um modelo gravitacional e normalmente é utilizado para fluxo desagregado de exportações. A essência do modelo de Bergstrand (1985) é de que a equação gravitacional é uma forma reduzida de um subsistema de quatro equações de equilíbrio parcial derivado de um modelo de comércio de equilíbrio geral com diferenciação de produtos por lugar de origem (BERGSTRAND, 1985, p. 475). É um modelo que é a extensão da equação gravitacional padrão, mas fundamentado na teoria de comércio internacional desenvolvida considerando as estruturas de mercados perfeitos.

2.4.3 Modelo FAO North American

Essa metodologia de cálculo de custos operacionais foi desenvolvida pela Food and Agriculture Organization (FAO) em 1956, aceita pela maioria dos países europeus e utilizada desde então. Em 1971 esta metodologia sofreu modificações leves, dando origem a um novo método chamado FAO/ECE/KWF.(BRAGA).

No Brasil, Freitas et al (2004) compararam as três metodologias utilizadas, sem nenhuma adaptação, para o cálculo do custo operacional de veículos de transporte florestal, a saber: FAO/América do Norte, FAO/ECE/KWF e Battistella/Scânia

O custo operacional no método FAO é dado pelo somatório dos seguintes custos: maquinário (custos fixos e variáveis), administrativo e de pessoal.

2.4.4 Modelo Problema Clássico de Transporte

O Problema Clássico de Transporte é o mais representativo dos Problemas de Programação Linear, de grande aplicação prática e tem como objetivo determinar as quantidades de produtos a serem transportadas a partir de um conjunto de fornecedores para um conjunto de consumidores, de forma que o custo total de transporte seja minimizado. O problema considera dois elos da cadeia de suprimentos e não incluem instalações intermediárias, como centros de distribuição (BELFIORE; FÁVERO, 2012).

Pereira et al (2016) utilizou a aplicação do Problema Clássico de Transporte para otimizar a rede logística de distribuição de fertilizantes no estado do Paraná, adotando os valores de fretes obtidos no ano de 2012 através do Sistema de Informações de Fretes (SINFRECA), multiplicando pelas distâncias de cada simulação.

2.4.5 Problema de Complementaridade Mista (PCM)

Coleti e Oliveira (2019) utilizaram o modelo de complementaridade mista (PCM) para análise da movimentação do etanol brasileiro, através do proposto por Oliveira (2011). O PCM desenvolvido para a movimentação de etanol no Brasil foi processado através do programa computacional *General Algebraic Modeling System – GAMS* (BROOKE *et al.*, 1995).

De acordo com Oliveira (2011), o PCM consiste em um sistema de equações simultâneas (que podem ser lineares ou não lineares), que são descritas como desigualdades, que é alimentado pelas funções de oferta e demanda.

2.4.6 Programação Linear

O estudo elaborado por Fachinelo e Nascimento (2008), prevê a obtenção de rotas mais econômicas para o escoamento de carnes das fábricas até os consumidores. O sistema computacional utilizado foi o GAMS (Sistema Geral de Modelagem Algébrica). O modelo contou com restrições em relação à quantidade de produto transportado conforme a capacidade ou a demanda.

2.4.7 Metodologia Cass- EUA

A metodologia utilizada pelo departamento de transportes americano é empregada desde 1973 pela Cass Information Systems, Inc. A metodologia Cass, calcula o custo logístico anual através dos dados fornecidos pelo relatório *Annual State of Logistics Report*, publicado pelo *Council of Supply Chain Management Professionals* - CSCPM (Wilson 2011). Os componentes-chave para os cálculos são: custos de transporte, custos de estoque e custos administrativos.

Esta metodologia é baseada em custos de estoque e custos administrativos, onde os custos de estoque incluem os custos de oportunidades, impostos e taxas, seguro e riscos, obsolescência, indenização, roubos e movimentação interna do estoque e os custos administrativos envolvem os custos com gastos de pessoal, gastos com tecnologia de informação e demais despesas operacionais.

2.4.8 Metodologia South Korea Transport Institute- Coreia do Sul

A metodologia da Coreia do Sul baseou-se em custos de transporte, exploração, inventário, embalagem, manuseio, informação e despesas administrativas.

2.4.9 Metodologia LCM – África do Sul

A metodologia LCM foi desenvolvida para calcular o custo de logística para a África do Sul. O LCM consiste numa composição de quatro custos, a saber: custo de transporte, custo de armazenamento, custo de estoque e custo de gerenciamento e administração, conforme apresentado na equação 02.

$$TLC = TOTC + TSHC + TIC + TMAC \quad (02)$$

Em que TLC é o custo total de logística; TOTC é o custo de transporte geral; TSHC é o custo total de manuseio envolvido; TIC é o custo total de estoque; e TMAC é o custo total de gestão e administração.

2.4.10 Metodologia ILOS

A empresa ILOS, especialista em logística e *supply chain* subdivide o custo logístico em custo de transporte, custo de estoque e custo de armazenagem e administrativo.

O custo de transporte é calculado por modal. No caso do modal ferroviário os dados foram obtidos juntamente com a ANTT a partir do cálculo das receitas e, segundo o estudo, é o valor equivalente ao custo de todos os embarcadores. Para o modal rodoviário, os custos foram calculados de forma direta pelo consumo de diesel, valor gasto em pedágios e gerenciamento de risco. No modal aquaviário, o cálculo utilizou os valores de fretes cobrados pelo tipo de carga transportado na hidrovia.

2.4.11 Metodologia FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

A Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas realiza, na verdade, o acompanhamento de custos a partir de uma empresa virtual representativa no setor, que atualiza a planilha de custos, apresentando o custo total.

Essa fórmula apresentada pela FIPE possui duas ressalvas: no transporte de carga lotação não cabe a aplicação da variável “coeficiente do uso de terminais” e, na operação urbana, as despesas indiretas, de impostos e gerenciamento de riscos já estão computadas nos custos de transferência, não entrando na formulação.

2.4.12 Metodologia do GVCELOG

A metodologia apresentada pela CVcelor – Centro de Excelência em Logística e Supply Chain da Fundação Getúlio Vargas se caracteriza pela estimativa dos custos totais de transporte, manutenção do estoque e administrativos.

Nesta metodologia foram considerados os modais rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aeroviário, sem considerar os transportes internacionais de carga.

Para o cálculo do custo total foram necessários os seguintes dados:

- Relação de mercadorias transportadas pelo modal de transporte k
- Tonelagem transportada pelo modal k para cada mercadoria i
- Distância média percorrida pela mercadoria i no modal k
- Custo unitário médio do transporte da mercadoria i pelo modal k

Através da revisão da literatura, foram abordadas 12 metodologias presentes nos estudos realizados sobre custos de transportes. Entretanto, percebe-se que os modelos existentes não consideram fatores relacionados ao nível de serviço. Dessa forma, o estudo prossegue a revisão bibliográfica abordando este tema.

2.4.13 Metodologia ANTAQ

O estudo apresentado pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ, disponível no site da Agência e intitulado como “Estudo da prática regulatória, vantagens competitivas e oferta e demanda de carga entre os países signatários do Acordo da Hidrovia Paraguai-Paraná”, em seu Volume 1B, apresenta a análise dos custos de transporte para o modal rodoviário, ferroviário e hidroviário, separadamente.

Para o modal rodoviário foram analisados 15 diferentes custos, entre “Custo Fixo” e “Custo Variável”, os quais compõem o “Custo Total”. Já no estudo do modal ferroviário, foram analisados os custos de implantação da via permanente, operação, mecânica e tecnologia informatizada e embarcada (BRASIL, 2017). Fontes técnicas foram obtidas de consultores com larga experiência no setor ferroviário, do livro ‘Via Permanente Aplicada’ (Steffler, 2013) e de referências provenientes do IHHA (*International Heavy Haul Association*). Por fim, para o modal hidroviário também foram calculados os custos fixos e variáveis.

Foram identificados 13 modelos utilizados para composição de custos de transporte, a partir da revisão sistemática da literatura. O QUADRO 1 apresenta um

comparativo entre esses modelos, apresentando quais variáveis cada modelo leva em consideração na composição de custos de transporte. Nesse tópico é importante ressaltar que os modelos comumente utilizados não consideram, em seus cálculos, fatores relacionados ao nível de serviço da operação de transporte de carga.

Pôde-se observar que os modelos diferem bastante em suas abordagens, pois alguns possuem tratativas bem simplistas, como é o caso do Problema Clássico de Transporte e o Problema de Complementaridade Mista, por exemplo. Outros modelos utilizam maiores detalhamentos para as variáveis e, neste caso, o modelo proposto pela ANTAQ pôde ser considerado o mais completo para a composição de custos totais para o transporte de carga, além de permitir a aplicação para os modais de transporte, separadamente.

Observa-se que o item “demanda” aparece em maior número de métodos, sendo considerado em 8 dos 13 analisados. O item “distância” é levado em consideração em 7 metodologias. O item “custo de transporte” encontra-se em terceiro lugar, juntamente com o item “administrativo”, sendo ambos considerados em 6 métodos diferentes. Porém, vale destacar aqui que o fator “custo de transporte”, neste caso, pode englobar outros fatores. O item “custos de estoque” também tem uma relevância considerável, sendo utilizado em 5 dos modelos apresentados.

QUADRO 1 – COMPARATIVO DOS FATORES UTILIZADOS NOS MÉTODOS DE CUSTOS DE TRANSPORTES

Modelo/ Metodologia	Tipo- Gravidade	Gravidade de Bergstrand	FAO North American	Problema Clássico de Transporte	Problema de Complementaridade Mista	Programação Linear	Cass - EUA	Coréia do Sul	LCM- África do Sul	ILOS	FIPE	GVCLOG	ANTAQ
Itens para composição do custo													
Oferta					X	X							
Demanda	X	X		X	X	X			X		X	X	
Tipo de carga										X			X
Distâncias	X	X				X			X		X	X	X
PIB	X	X											X
Juros			X						X			X	X
Impostos			X										X
Seguro			X										X
Depreciação			X										X
Combustível			X							X			X
Tempo de carga e descarga											X		X
Graxas/lubrificantes			X										X
Manutenção			X										X
Pessoal			X										X
Armazenagem									X	X		X	X
Estoque							X		X	X		X	X
Administrativo							X	X	X	X	X		X
Capacidade				X							X	X	
Custo de transporte						X	X	X	X	X		X	
Gerenciamento de risco										X			
Pedágios										X			X
Horas/mês											X		X

FONTE: A AUTORA, 2020.

2.5 NÍVEL DE SERVIÇO

O nível de serviço está diretamente ligado ao desempenho da empresa, através da satisfação do consumidor. No caso do setor de transportes, a principal função dessa atividade é agregar valor ao serviço prestado (BELÉM JUNIOR, 2007).

Ballou (2001) defende que a definição do nível de serviço para oferecer aos clientes é essencial para uma empresa alcançar seus objetivos de lucro. Ainda de acordo com Ballou (2001), os fatores que compõem o nível de serviço podem ser agrupados em três grupos: pré-transação, transação e pós-transação.

De maneira simplificada, os elementos de pré-transação estabelecem os critérios de nível de serviço que a empresa deve seguir, deixando claro para o cliente o que ele pode esperar do serviço prestado. Os elementos de transação têm relação direta com os resultados da entrega do produto ao cliente com, por exemplo, a escolha do modo de transporte. E por fim, os elementos pós-transação definem o contato com o cliente posterior à entrega do produto, como devoluções, solicitações e reclamações (GIACOBO & CERETTA, 2003).

Juntamente com a evolução do mercado, aumentou a preocupação das empresas em relação ao nível de serviço oferecido aos clientes. Dessa forma, procurou-se identificar e quantificar os fatores fundamentais para a elaboração dos novos níveis de serviço. Tais fatores baseiam-se basicamente em função do tempo de execução das atividades, como: prazo de execução; tempo de processamento de tarefas; disponibilidade de pessoal e equipamentos; agilidade e precisão no rastreamento da carga em trânsito; simplicidade na estrutura tarifária; e agilidade no atendimento de possíveis reclamações (BELÉM JUNIOR, 2007).

É preciso determinar patamares de atividades que proporcionem o nível de serviço desejado e, para isso, é importante identificar os elementos necessários. Primeiramente, identifica-se as necessidades dos clientes e como elas podem ser medidas, para então, fixar padrões para o nível de serviço (GIACOBO & CERETTA, 2003).

O nível de serviço pode ser medido pelo tempo de entrega, considerando o tempo de transporte do depósito até o endereço do cliente.

Nas pesquisas de João Silveira Belém Júnior (2007), foram identificadas 20 variáveis que geram impacto no nível de serviço, no caso da escolha de uma empresa transportadora. Essas variáveis foram agrupadas em 6 indicadores: responsabilidade

social, confiabilidade, segurança, acessibilidade, adequação e preço. De acordo com diversos autores, a qualidade do serviço oferecido pelos diferentes modais de transporte pode ser avaliada por meio de cinco dimensões principais: tempo de entrega médio (velocidade), variabilidade do tempo de entrega (consistência), capacitação, disponibilidade e frequência.

Diversos são os critérios enunciados como definidores da escolha: custo de operação, tempo de trânsito, confiabilidade, capacidade, acessibilidade, segurança, perdas e danos, entre outros. Para Granemann e Gartner (2000), a tomada de decisão consiste no processo de seleção do modal de transporte, oferecendo melhores resultados em termos de qualidade no atendimento ao cliente. Dessa maneira, os seguintes critérios foram escolhidos pelo autor: custo, tempo em trânsito, disponibilidade, confiabilidade, perdas e danos, flexibilidade.

Nos estudos de Martins (2014) foi realizada uma pesquisa referente aos fatores relevantes na contratação de serviços em terminais intermodais para grãos agrícolas, e os resultados sinalizaram que a preferência das possíveis variáveis pelos usuários se apresenta na seguinte ordem: confiabilidade, prazo, relações com cliente, custo e flexibilidade.

Para análise do nível de serviço através da definição de indicadores é necessário primeiramente, um estudo sobre os fatores que caracterizam o nível de serviço dos transportes rodoviário, ferroviário e hidroviário e as variáveis que compõem cada um desses fatores. Essa análise se faz importante uma vez que cada modal possui suas particularidades e abordagens diferentes.

2.5.1 Variáveis que influenciam no nível de serviço

Com base no discorrido acima e utilizando os estudos de Fernandes et al (2009), Martins et al (2011), Belém Júnior (2007), Motta e Bianchini (2010) e consultas em demais sites, foram extraídos 20 variáveis principais, conforme as referências citadas. Este item tem por objetivo abordar esses itens um a um, definindo-os e identificando suas principais características e a forma como os mesmos podem interferir no nível de serviço de transporte da carga.

2.5.1.1 Velocidade

Essa variável pode ser definida como o tempo gasto em trânsito para o transporte da carga (MARTINS et al., 2011). No estudo apresentado por Fernandes et al (2009), baseado nas definições feitas por Nazário (2000), a variável “velocidade” refere-se ao tempo decorrido de movimentação em uma dada rota, também conhecido como *transit time*, sendo o modal aéreo o mais rápido de todos e, dentre os modais estudados, o rodoviário.

2.5.1.2 Disponibilidade

Refere-se à capacidade que um modal tem de atender qualquer par origem/destino de localidades, conforme sua infraestrutura e disponibilidade de pessoal e de equipamentos. As transportadoras rodoviárias apresentam a maior disponibilidade, já que conseguem dirigir-se diretamente para os pontos de origem e destino, caracterizando um serviço porta-a-porta (NAZÁRIO et al., 2000).

2.5.1.3 Confiabilidade

É um dos aspectos da plataforma de serviço básico de uma empresa, se referindo ao desempenho de todas as atividades conforme prometidas pelo transportador (MOTTA e BIANCHINI, 2010).

Refere-se à variabilidade potencial das programações de entrega esperadas ou divulgadas. Os dutos, devido ao seu serviço contínuo e à possibilidade restrita de interferência pelas condições de tempo e de congestionamento, ocupam lugar de destaque neste item (NAZÁRIO et al., 2000).

A confiabilidade pode ainda fazer referência ao cumprimento das questões contratuais e a regularidade do serviço, com foco na pontualidade e na entrega correta da mercadoria.

2.5.1.4 Capacidade

Refere-se à possibilidade de um modal de transporte lidar com qualquer requisito de transporte, como tamanho e o tipo de carga. Transporte realizado via marítima ou fluvial é o que possui maior capacidade (NAZÁRIO et al., 2000).

2.5.1.5 Frequência

Está relacionada à quantidade de movimentações programadas. Neste quesito, os dutos lideram devido ao seu contínuo serviço realizado entre dois pontos (NAZÁRIO *et al.*, 2000).

2.5.1.6 Tempo de entrega

Refere-se ao cumprimento da entrega do produto dentro do período acordado entre as partes. O tempo de entrega pode ser afetado em função de diversas outras variáveis como, por exemplo, a velocidade, de acordo com cada tipo de modal e, geralmente, uma entrega realizada no prazo acarreta a satisfação do cliente (CARGO, 2018).

2.5.1.7 Agilidade

Essa variável é determinante para conquistar a confiança e credibilidade do cliente (ODERÇO, 2017). A agilidade está diretamente relacionada com a velocidade com que são feitas as entregas e, a velocidade, por sua vez, garante os prazos.

2.5.1.8 Estrutura tarifária

As estruturas tarifárias variam conforme o modal escolhido e, até mesmo em um único modal, essas podem variar de acordo por exemplo com a concessão, no caso de rodovias pedagiadas, ou com a operadora logística no caso das ferrovias brasileiras e ainda, com as tarifas nacionais e internacionais nos portos.

A composição da tarifa envolve o custo operacional (custos administrativos e taxa de lucro), despesas com seguro obrigatório, utilização de equipamentos especiais de carga e descarga, controle documental, pedágios e impostos (taxas oficiais e complementares), taxa de despacho, horas paradas em excesso, armazenagem e entrega em lugares de difícil acesso (HIVECLOUD, 2015).

2.5.1.9 Atendimento as necessidades do cliente

Primeiramente devemos saber que um cliente satisfeito não é algo subjetivo e sim, o resultado do trabalho. Para ter sucesso com o atendimento às necessidades do cliente, deve-se trabalhar para realizar a entrega conforme o contrato, respeitando a quantidade de carga e prazo de entrega.

2.5.1.10 Segurança

Esse item envolve o sentimento do cliente, em relação aos riscos ou dúvidas de seu pedido, que também envolve a garantia de entrega da carga de forma segura, sem perdas ou danos.

Dentro desta variável pode-se citar três outras variáveis, conforme Belém Júnior (2007): seguro contra roubos, furtos e acidentes; controle de emissão de poluentes; e plano emergencial para possíveis riscos ambientais.

2.5.1.11 Responsabilidade social

Responsabilidade social é um conceito que engloba as ações voluntárias de empresas que atuam em benefício do seu público, tanto interno quanto externo. A responsabilidade social ocupa cada vez mais espaço na agenda das empresas. Por vezes, na hora de escolher uma empresa, o cliente não observa apenas qualidade e preço, ele também pode ser influenciado na escolha conforme o marketing e ações sociais de cada empresa (FIA, 2019).

2.5.1.12 Acessibilidade

Refere-se à facilidade de contratação dos serviços de transporte e a abrangência da região atendida pela transportadora. Envolve as expectativas de acesso do cliente pelo contato fácil e possibilidade de aproximação com o transportador (MOTTA e BIANCHINI, 2010).

2.5.1.13 Adequação

Essa variável é ligada diretamente à tecnologia de transporte ideal para cada tipo de carga, observando as condições de segurança e conservação dos equipamentos, da infraestrutura e dos veículos utilizados na operação de transporte (BELÉM JUNIOR, 2007).

2.5.1.14 Custo da operação

Essa variável geralmente é o mais considerado, mesmo levando outros em consideração. O custo das operações varia significativamente de acordo com o modal escolhido, sendo o rodoviário mais caro, seguido do ferroviário e do aquaviário. Porém, neste caso ele não é uma variável decisiva, visto que depende da malha de infraestrutura disponível para cada modalidade.

2.5.1.15 Consistência

Refere-se a variabilidade no tempo de entrega do produto. A consistência de um modal pode ser interferida por fatores externos, como no caso do trânsito ou acidente no modal rodoviário. Para esta variável, o modal ferroviário e o modal aquaviário podem ser considerados de maior consistência. Ressalta-se que neste estudo não está sendo avaliado o transporte dutoviário, mas este é o melhor exemplo para a consistência no transporte.

2.5.1.16 Tempo de trânsito

Esta variável é determinada pelo tempo em que a carga sai do fornecedor até o momento em que ela chega no cliente final. Porém, demais variáveis causam impacto nesta, como: a velocidade, as burocracias de cada modal, a necessidade de transbordo ou não, entre outras. Considerando o modal rodoviário em comparação com o aquaviário, por exemplo, para uma mesma distância, o terrestre tem um tempo de trânsito extremamente menor que o aquaviário.

2.5.1.17 Perdas e danos

O transporte de cargas é uma atividade que, inevitavelmente, envolve riscos. Os problemas enfrentados nesse sentido vão desde dificuldades com a infraestrutura viária disponível, os veículos e equipamentos necessários até os possíveis danos e avarias nos produtos, passando pelo roubo e furto (CARGO, 2017).

No entanto, é possível trabalhar para reduzir essas dificuldades e evitar danos no transporte de carga. Existe a possibilidade de contratação de seguros, além da adoção de precauções básicas para evitar que a mercadoria seja danificada.

2.5.1.18 Flexibilidade

Ser flexível nas atividades de transporte é fundamental para corresponder às demandas e isto envolve a escolha da opção mais rápida e segura. O modal rodoviário, por exemplo, costuma ser o mais flexível entre todos, já que, com o mesmo veículo, você consegue ir da retirada até a entrega, evitando multimodais e ganhando agilidade (ABC CARGAS, 2017).

2.5.1.19 Relação com clientes

A relação saudável com o cliente contribui tanto na realização de uma contratação para o transporte de carga como também na fidelidade do cliente nos transportes futuros. Essa variável refere-se à imagem da transportadora e sua eficiência na resolução de problemas e ao serviço de atendimento ao cliente (BELÉM JUNIOR, 2007).

2.5.1.20 Rastreamento de carga em trânsito

Através do rastreamento on-line via sites e portais, o cliente também pode gerenciar de maneira fácil e rápida a situação da carga. Este item pode garantir a segurança da carga e motorista, auxilia na tomada de decisão e adoções de melhorias no caso da escolha de rotas, por exemplo, e ocasiona satisfação ao cliente pela transparência do processo de transporte (INTELIPOST, 2017).

Este capítulo buscou apresentar as variáveis que causam impacto no nível de serviço de transporte (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), as quais são analisadas, correlacionadas e utilizados na composição da formulação a ser proposta para a análise da Qualidade de Serviço (QS) para cada modal.

QUADRO 2 – VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NO NÍVEL DE SERVIÇO

Fatores			
V1	Velocidade	V11	Responsabilidade Social
V2	Disponibilidade	V12	Acessibilidade
V3	Confiabilidade	V13	Adequação
V4	Capacidade	V14	Custo da operação
V5	Frequência	V15	Consistência
V6	Tempo de Entrega	V16	Tempo de Trânsito
V7	Agilidade	V17	Perdas e danos
V8	Estrutura Tarifária	V18	Flexibilidade
V9	Atendimento às necessidades do cliente	V19	Relação com clientes
V10	Segurança	V20	Rastreamento da carga em trânsito

FONTE: A AUTORA, 2020

2.6 MÉTODOS MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO (AMD)

A solução de um problema, ou a tomada de decisão, pode envolver situações cotidianas simples ou questões complexas que demandem a utilização de parâmetros quantitativos e qualitativos. Nestes casos, uma boa solução implica em uma visão multidimensional do problema (GOMES, 2014).

A tomada de decisão deve buscar uma opção que apresente o melhor desempenho, a melhor avaliação ou o melhor acordo entre as expectativas do decisor. Os métodos multicritérios agregam valor significativo na tomada de decisão (MARINS, SOUZA e BARROS, 2009).

Dentre diversas classificações para os métodos AMD, podemos citar a subdivisão entre a Escola Americana e a Escola Francesa (ou europeia), podendo, ainda, existir outros métodos que não se enquadram exclusivamente dentro de uma dessas escolas citadas, como é o caso do método TODIM e o método MACBETH (GOMES, 2009).

Os métodos da Escola Francesa utilizam a noção de relação de superação, possuindo duas vertentes principais: ELECTRE e os métodos PROMÉTHÉE. Os métodos multicritério da Escola Americana, possuem como fundamentação teórica a noção realizar uma síntese unindo todas as informações acerca do problema. Exemplos de métodos desta escola são: Teoria da Utilidade Multiatributo e os métodos de análise hierárquica, sendo mais popular, dentre eles, o método AHP (FIGURA 3).

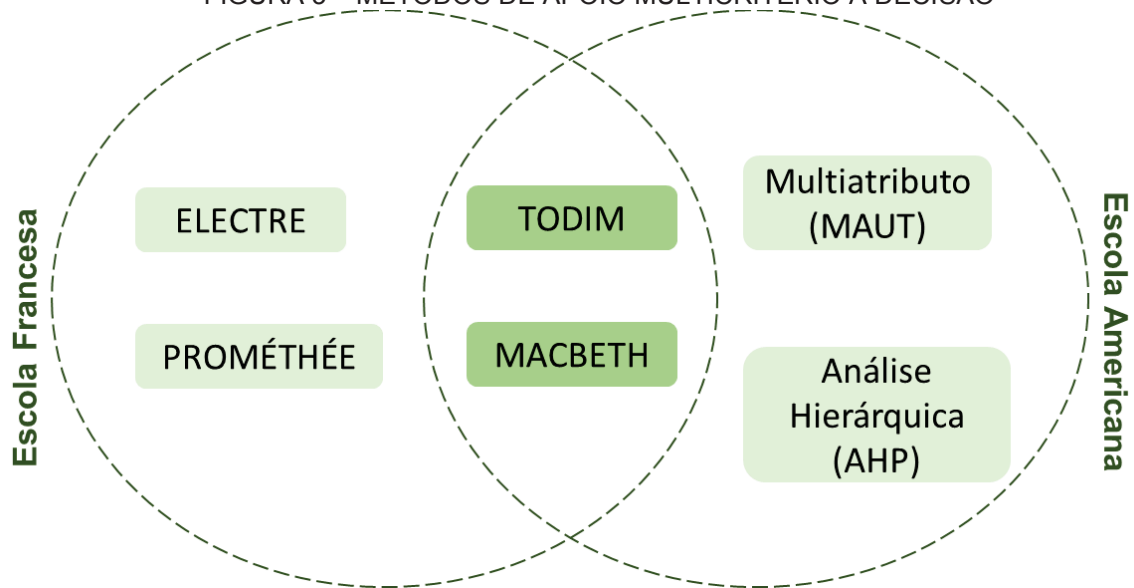
O método ELETREC fundamenta-se no conceito de discordância para mensurar a vantagem de uma alternativa sobre as demais. O princípio de discordância serve para medir a desvantagem da alternativa em relação às demais. Dessa forma, a metodologia possibilita verificar quais ações do problema são dominadas (Olson 1996).

Os métodos PROMETHEE foram propostos pela primeira vez em 1982 e desde então não pararam de ser objeto de desenvolvimento e adaptações complementares. O método PROMETHEE, consiste em construir e explorar uma relação de sobre classificação de valores (Brans e Mareschal 2002).

O MAUT consiste na associação de diferentes atributos com critério único de síntese, que equivale a uma compensação entre os mesmos. É chamado método compensatório, pois sugere a desvantagem de um critério em relação à vantagem em outro (Vincke, 1992).

Criado em 1980 por Thomas Saaty, o AHP é um dos primeiros e mais utilizados métodos de apoio multicritério à decisão. Este método é aplicado em diversas áreas do conhecimento, dada a sua característica de incorporar em sua análise critérios quantitativos e qualitativos (Costa e Belderrain 2009).

FIGURA 3 – MÉTODOS DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO



FONTE: A AUTORA, 2021

Os métodos mencionados possuem o intuito de contribuir para o tratamento da subjetividade inerente ao processo decisório, fazendo com que a decisão seja regulada com base nos critérios ponderados como relevantes para o problema em questão, onde a importância dos critérios é definida por agentes decisores ou demais atores vinculados (JANNUZZI et al, 2009).

3 MÉTODOS DA PESQUISA

A metodologia do trabalho em questão consistiu em realizar o embasamento teórico, por meio de uma revisão bibliográfica de metodologias existentes para cálculo de custos de transportes, possibilitando identificar fatores importantes para a construção do modelo, levando em consideração fatores para a avaliação do nível de serviço.

Para atingir os objetivos desta pesquisa, fez-se necessária a utilização dos métodos descritos a seguir, compreendendo a tomada de decisão por análise multivariada, corroborada pela opinião de especialistas da área.

Existem diversos métodos que fornecem análises similares para problemas envolvendo uma gama de critérios. O desenvolvimento do método depende da definição de variáveis pertinentes para a composição do modelo e da atribuição de valores/pesos adequados para cada uma delas. Para tanto, será utilizado o Processo Analítico Hierárquico (*Analytical Hierarchical Process* – AHP) de Saaty (1991), que possibilita ponderar e qualificar a importância relativa de cada variável envolvida na composição dos fatores estudados na pesquisa.

Para sua aplicação, foi realizado um *Survey* representado por um questionário estruturado, com base nos fatores a serem utilizados para a aplicação do AHP, para que os respondentes avaliassem a relevância dos fatores em relação uns aos outros. Os questionários aplicados possibilitaram embasar a pesquisa na definição dos fatores relevantes referentes ao nível de serviço no transporte de carga para os modais rodo, ferro e hidroviário.

A proposta de um modelo comparativo de modais de transporte por meio da composição de custos com nível de serviço visa também o incentivo à utilização de modais mais econômicos, ambientalmente vantajosos e com melhores alternativas logísticas para o escoamento de cargas. Acredita-se que um melhor dimensionamento dos trajetos logísticos, através da composição dos níveis de serviço, acarretará a utilização de modais que agreguem valor à atividade de movimentação da carga, podendo gerar uma melhor competitividade aos produtos brasileiros.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A natureza dessa pesquisa é aplicada, a fim de resolver problemas da realidade, como é o caso da logística de transportes de cargas no Brasil.

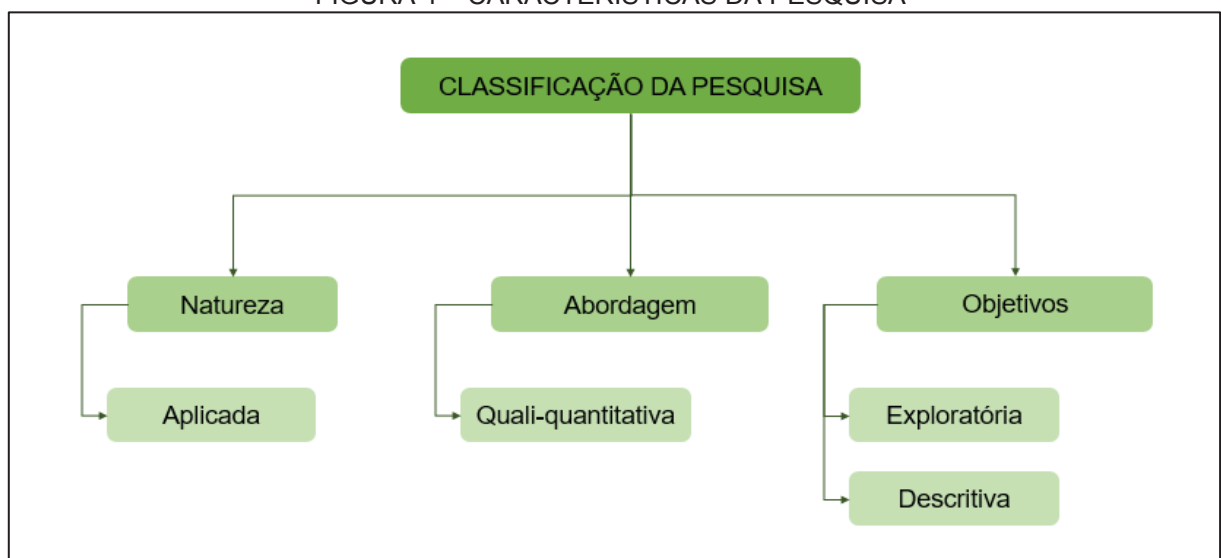
Ramos e Busnello (2005) classificam como pesquisa quantitativa aquela que pode ser mensurada em números, classificada e analisada, utilizando-se de técnicas estatísticas. Para Mascarenhas (2012), a pesquisa qualitativa não possui etapas engessadas, nesta abordagem o pesquisador tem liberdade para desenvolver o estudo da forma que julgar adequada, no entanto, deve-se uma estrutura sólida e coerente, capaz de receber a aprovação dos membros da comunidade científica. Dessa forma, esta pesquisa enquadra-se como quali-quantitativa.

A presente pesquisa é classificada como exploratória, pois segundo Gil (2002), a pesquisa exploratória busca um melhor conhecimento do tema, para a formação de hipóteses, melhorando ideias.

Ainda em relação aos objetivos, a pesquisa é descritiva, pois segundo (MATIAS-PEREIRA, 2019) esses estudos buscam examinar um fenômeno para descrever suas características de forma integral ou identificar possíveis relações entre variáveis.

Para melhor compreensão, as características principais dessa pesquisa estão resumidas na FIGURA 4.

FIGURA 4 – CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA



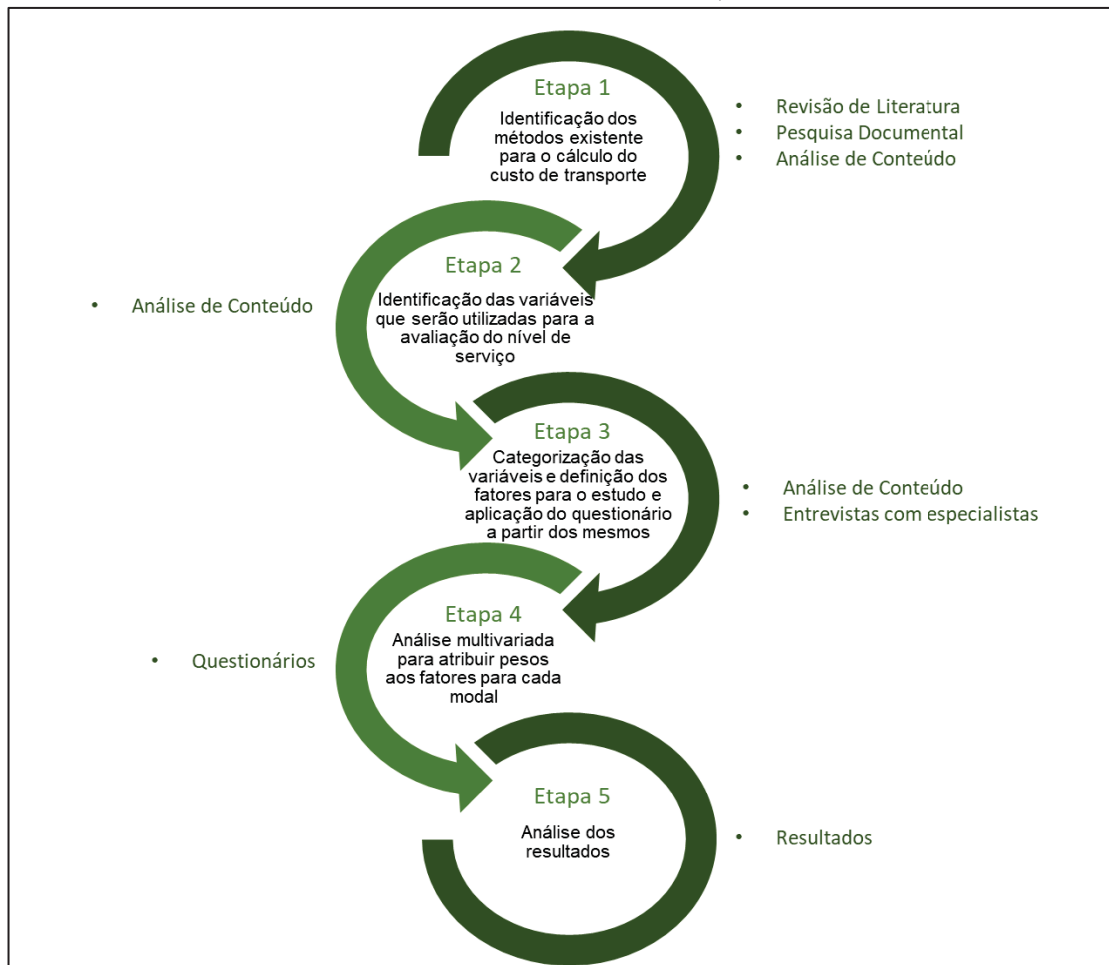
FONTE: A AUTORA, 2020

A elucidação destas questões apresenta relevância social e acadêmica. Em termos sociais, a pesquisa aborda algo de interesse da realidade do Brasil, país de dimensões continentais e que utiliza, principalmente, o sistema rodoviário para a movimentação de cargas. Através da identificação das variáveis importantes no nível de serviço dos modelos de transporte analisados, o estudo apresentou as vantagens de cada modalidade e o impacto que a escolha assertiva do transporte a ser utilizado poderá acarretar, em redução de custos logísticos e de outros setores da atividade econômica. No âmbito acadêmico, essa pesquisa contribui com a análise conjunta de três modais (rodoviário, ferroviário e hidroviário) vinculados à nível de serviço, pouco difundida até o momento.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

Para alcançar os propósitos e objetivos da pesquisa, dividiu-se a pesquisa em etapas conforme detalhado na FIGURA 5. Na primeira etapa foram definidos os objetivos da pesquisa, mostrando a relevância do tema e apresentando brevemente os pontos principais deste estudo. A segunda e terceira etapa estão relacionadas à revisão bibliográfica, onde foram identificados os estudos relacionados à custo de transporte e aos fatores de nível de serviço. Na quarta etapa são definidos os fatores de nível de serviço que irão compor a análise e embasar as entrevistas, a partir do exposto nas etapas anteriores. O desenvolvimento da análise inicia-se na etapa 5, onde são atribuídos pesos para os fatores a partir de uma análise de multicritério baseada nas respostas dos entrevistados. A construção dos cenários para os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário foi realizada com base nos dados fornecidos e obtidos pela metodologia da ANTAQ para a composição de custos de transporte, adicionando o fator de nível de serviço obtido para cada modal, identificando assim, os impactos decorrentes da inserção dessa nova variável.

FIGURA 5 – ETAPAS DA PESQUISA



FONTE: A AUTORA, 2020

Os capítulos a seguir apresentam o desenvolvimento da pesquisa, a partir do exposto na FIGURA 5.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES PARA A ANÁLISE

Esta etapa consiste no reconhecimento dos principais componentes utilizados na composição de custo de transportes e na identificação dos fatores de nível de serviço para os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, obtidos na literatura e em pesquisas práticas.

Através de estudos como o de Belém Júnior (2007), Martins (2014) e outros autores, conforme apresentado no item 2.5, foram identificados variáveis que caracterizam o nível de serviço dos transportes.

3.4 CATEGORIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS IDENTIFICADAS E DEFINIÇÃO DOS FATORES PARA O ESTUDO

Categorização, simplesmente, é o processo cognitivo de dividir o mundo da experiência humana em grupos gerais ou categorias amplas compreendendo certos componentes que compartilham similaridade imediata em termos de atributos num dado contexto (BINWAL, 2001).

Dahlberg enfatiza a importância fundamental da categoria na estruturação do conceito e do sistema de conceitos. As categorias possibilitam a sistematização de todo o conhecimento da realidade e podem ser identificadas no momento da determinação do conceito, ao serem inferidas predicções verdadeiras e finais a respeito de um item de referência desta realidade observada. (DAHLBERG, 1978a, p. 21).

A etapa de categorização auxilia no processo de pensar no domínio e aplicar a categorização é analisar o domínio a partir de recortes conceituais que permitem determinar a identidade das categorias (CAMPOS; GOMES; MOTTA, 2004).

De acordo com Bardin (2010), a categorização é uma operação de classificação de elementos construtivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento com critérios previamente definidos. Classificar elementos em categorias impõem a investigação do que cada um deles possui em comum com outros. O que vai permitir o seu agrupamento é a parte comum existente entre eles.

De certo modo a análise de conteúdo, é uma interpretação pessoal por parte do pesquisador com relação à percepção que tem dos dados. Não é possível uma leitura neutra. Toda leitura se constitui numa interpretação (MORAES, 1999).

Para a categorização das variáveis identificadas na Revisão de Literatura do presente estudo, utilizou-se o método da análise do conteúdo a partir da revisão de literatura e da correlação de unidades de medida de cada variável, em consonância com a percepção da autora. Dessa forma, tornou-se possível unir uma ou mais variáveis que possuem similaridade em categorias iguais, definido assim, cinco fatores para este estudo, apresentados detalhadamente no Capítulo 4.

3.5 DETERMINAÇÃO DA RELEVÂNCIA DOS FATORES

Esta etapa buscou verificar o grau de relevância dos fatores com um conjunto de especialistas, para a análise do nível de serviço. Este conjunto de especialistas foi formado por profissionais da área de logística que atuam ou que possuem experiência no transporte de cargas nacional.

De acordo com Appolinário (2012), um questionário é um documento que contempla diversas questões a serem respondidas por indivíduos previamente escolhidos. Assim como sugere o autor, foi elaborada uma lista para identificar as informações necessárias para alcançar o objetivo da pesquisa.

O método de coleta de dados aplicado neste trabalho de pesquisa é o questionário auto preenchido pela internet, instrumento estruturado não disfarçado, sem a participação de entrevistador (MATTAR, 2008).

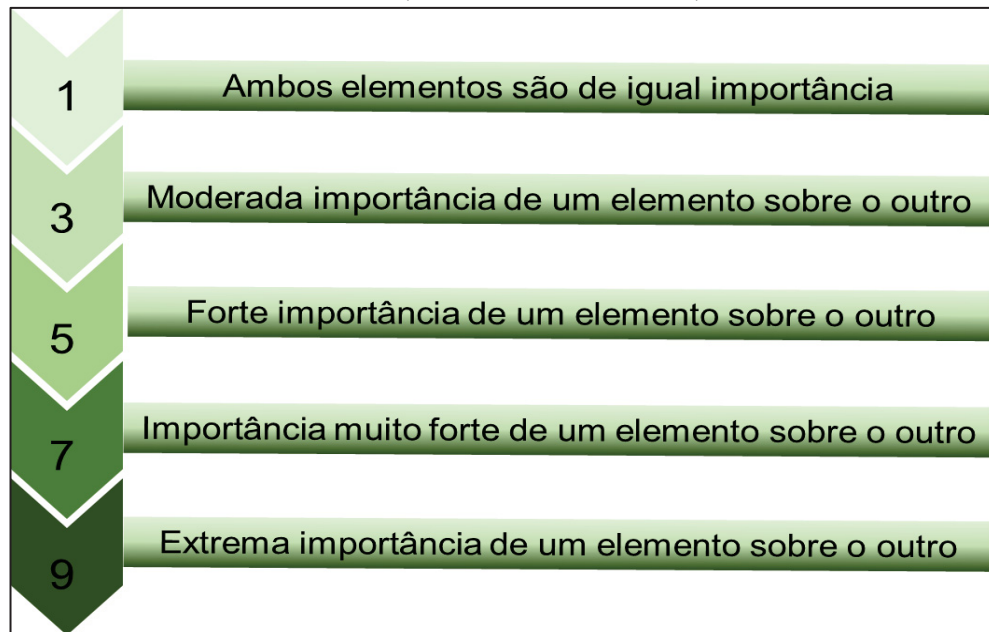
Para a aplicação de um questionário existem praticamente três tipos de questões, a saber: questões fechadas, questões abertas e questões por escala (MALHEIROS, 2011). A questão fechada disponibiliza uma série de respostas já definidas, enquanto que a questão aberta permite ao entrevistado responder livremente sobre o que fora questionado. Por fim, a questão por escala auxilia na avaliação do grau de concordância com uma informação.

Dado o exposto, o questionário em questão foi elaborado contendo todas as opções de questões, a partir da lista de fatores elencados na literatura e categorizados conforme metodologia supramencionada.

As questões por escala foram adaptadas e tratadas conforme sugerido por Likert, em uma divisão de até cinco níveis (BATISTA e CAMPOS, 2010). Demais autores propõem escalas com mais de cinco níveis com a justificativa de que possibilitam maior precisão nas respostas, entretanto isso pode ocasionar perda de acurácia qualitativa do objeto estudado (da SILVA, 2016).

Visto que o objetivo da aplicação do questionário foi o de verificar o grau de relevância dos fatores, considerando a natureza qualitativa dos dados coletados com especialistas, adotou-se uma escala em cinco níveis, conforme apresentada por Saaty (2008) (FIGURA 6). Essa classificação por ordem de importância dos fatores foi realizada separadamente para cada modal de transporte que compõe esta pesquisa.

FIGURA 6 – ESCALA QUALITATIVA PARA O QUESTIONÁRIO



FONTE: ADAPTADO DE SAATY (1996)

O questionário foi dividido em quatro blocos. O primeiro teve como objetivo introduzir o respondente, identificando a autora, explicando o motivo da pesquisa e como funcionaria a coleta de dados, bem como quanto tempo seria necessário para responder à todas as questões. O segundo bloco foi composto por 3 perguntas fechadas, com opções de respostas pré-estabelecidas, visando obter respostas adequadas para a continuidade da pesquisa. O terceiro bloco foi subdividido entre os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, onde cada modal possuía a análise de relevância para os fatores definidos pelo estudo.

Primeiramente, este questionário foi submetido a um teste piloto com um grupo especialistas, a fim de identificar possíveis falhas e melhorias na qualidade da pesquisa, conforme sugerido por Malheiros (2011) e Appolinário (2012).

Por fim, considerando as críticas e sugestões, adequou-se o questionário e então o mesmo foi submetido ao grupo focal de especialistas, com a expectativa de identificar os fatores mais relevantes na análise da escolha do modal de transporte, levando em consideração o nível de serviço. A estrutura do questionário encontra-se detalhada no **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

QUADRO 3 – ESTRUTURA DO QUESTIONÁRIO

Bloco 1 - Introdução		
Item	Objetivos	
Explicação sobre a pesquisa e apresentação dos fatores que serão analisados	Introduzir o respondente ao propósito do questionário, dando suporte conceitual dos fatores	
Bloco 2 - Perfil do respondente		
Item	Objetivos	
Questões fechadas	Identificar o respondente quanto à área de atuação e preferências quanto ao transporte	
Bloco 3 - Avaliação dos fatores para nível de serviço		
Questões por escala	Objetivos	Expectativas
Fator 1	Verificar o grau de relevância entre os fatores para nível de serviço nos modais rodoviário, ferroviário e hidroviário	Identificar os critérios que os especialistas julgam mais relevantes para cada modal
Fator 2		
Fator 3		
...		
Bloco 4 - Identificação		
Item	Objetivos	
Questões abertas	Identificar o respondente quanto ao cargo, empresa, faixa etária, cidade...	

FONTE: A AUTORA, 2021

É importante destacar que, visando resultados mais fidedignos, as entrevistas foram aplicadas à especialistas da área de logística (operacional) que trabalham com os modais analisados ou em terminais portuários. Também buscou-se abranger pessoas que trabalham diretamente com exportação e importação de produtos e funcionários do Governo vinculados à infraestrutura de transporte, totalizando 20 (vinte) pesquisados de diversas localidades do Brasil.

3.6 UTILIZAÇÃO DO MÉTODO AHP

De acordo com Nunes Junior (2006), os processos com múltiplos critérios surgiram a partir das necessidades de resolução de problemas complexos, com muitas variáveis, tornando possível a escolha da alternativa mais adequada.

O método AHP, desenvolvido por Saaty (1996), baseia-se em um processo de ponderação ativa, onde diversos atributos relevantes para o problema são representados através de sua importância relativa.

Segundo Costa (2002, p. 16-17) este método baseia-se em três etapas de pensamento analítico: construção de hierarquias; definição de prioridades; e consistência lógica, a saber:

Construção de hierarquias: no método AHP o problema é estruturado em níveis hierárquicos, o que facilita a melhor compreensão e avaliação do mesmo. Para a aplicação desta metodologia é necessário que tanto os critérios quanto as alternativas possam ser estruturadas de forma hierárquica, sendo que no primeiro nível da hierarquia corresponde ao propósito geral do problema, o segundo aos critérios e o terceiro as alternativas. De acordo com Bornia e Wernke (2001) a ordenação hierárquica possibilita ao tomador de decisão ter uma “visualização do sistema como um todo e seus componentes, bem como interações destes componentes e os impactos que os mesmos exercem sobre o sistema”. E a compreender de forma global, o problema e da relação de complexidade, ajudando na avaliação da dimensão e conteúdo dos critérios, através da comparação homogênea dos elementos. A figura 1 apresenta a estrutura hierárquica básica do método AHP.

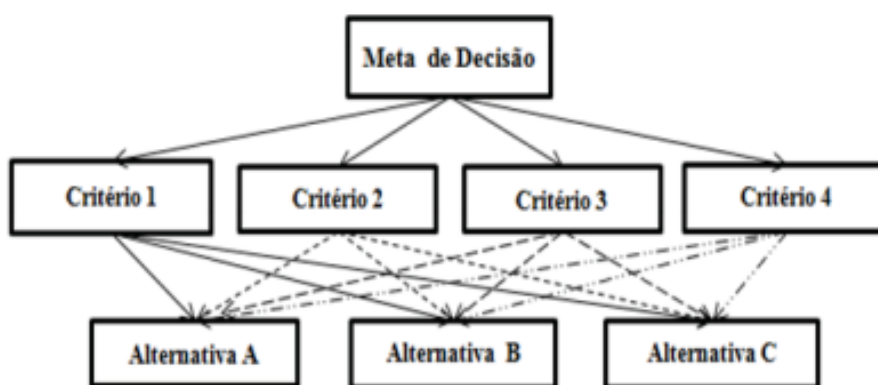
Definição de prioridades: fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber o relacionamento entre objetos e situações observadas, comparando pares, à luz de um determinado foco, critério ou julgamentos paritários. De acordo com Costa (2002; apud TREVIZANO & FREITAS, 2005), neste princípio é necessário cumprir as seguintes etapas: – julgamentos paritários: julgar par a par os elementos de um nível da hierarquia à luz de cada elemento em conexão em um nível superior, compondo as matrizes de julgamento A, com o uso das escalas apresentadas na tabela 1. (TREVIZANO & FREITAS, 2005);

Consistência lógica: o ser humano tem a habilidade de estabelecer relações entre objetos ou idéias de forma que elas sejam coerentes, tal que estas se relacionem bem entre si e suas relações apresentem consistência (Saaty, 2000). Assim o método A.H.P. se propõe a calcular a Razão de Consistência dos julgamentos, denotada por $RC = IC/IR$, onde IR é o Índice de Consistência Randômico obtido para uma matriz recíproca de ordem n, com elementos não-negativos e gerada randomicamente. O Índice de Consistência (IC) é dado por $IC = (\lambda_{\max} - n)/(n-1)$, onde λ_{\max} é o maior autovalor da matriz de julgamentos. Segundo Saaty (2000) a condição de consistência dos julgamentos é $RC \leq 0,10$. (TREVIZANO & FREITAS, 2005)

O AHP é um método de avaliação hierárquica de atributos (FIGURA 7), onde estes são comparados aos pares, possibilitando a redução da análise de sistemas extremamente intrincados (BEN, 2006).

Uma vez definida a hierarquia, a comparação é feita aos pares e o julgamento da importância de um atributo em relação ao outro pode ser feita de maneira subjetiva pelo tomador de decisão (MARCHEZETTI et al, 2011).

FIGURA 7 – ESTRUTURA HIERÁRQUICA GERAL DO MÉTODO AHP



FONTE: GARTNER, 2001

Segundo Saaty e Vargas (2012), o benefício do método é que, como os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseados em experiência, intuição e também em dados físicos. O AHP pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão.

Segundo Saaty (2006), existem duas maneiras de realizar a análise de relações causa e efeito. A primeira é usando lógica dedutiva por um processo linear e moroso com várias possibilidades de resultados, e que resulta em uma escolha preferida denominada tomada de decisão normativa (WHITAKER, 2007). A segunda é considerar todos os fatores e critérios pertinentes ao problema, organizando-os em uma hierarquia ou rede, e permitindo a visualização de suas dependências.

O método AHP é fundamentada na decomposição e síntese das relações entre os critérios e priorização, (conforme escala numérica Saaty apresentada no **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) a fim de se estabelecer uma priorização dos seus indicadores, aproximando-se de uma melhor resposta de medição única de desempenho (SAATY, 2008).

QUADRO 4 – ESCALA NUMÉRICA DE SAATY

Escala numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Ambos elementos são de igual importância.	Ambos elementos contribuem com a propriedade de igual forma.
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro.	A experiência e a opinião favorecem um elemento sobre o outro.
5	Forte importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro.
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido pelo menos com uma ordem de magnitude de diferença.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre as opiniões adjacentes.	Usados como valores de consenso entre as opiniões.
Incremento 0.1	Valores intermediários na graduação mais fina de 0.1.	Usados para graduações mais finas das opiniões.

FONTE: ROCHE, 2004

Por meio da priorização apresentada por Millet e Saaty (2000) é possível determinar uma matriz (TABELA 1), que relaciona a importância de um elemento em relação a outro. Os elementos são dispostos na primeira linha e na primeira coluna de forma com que a matriz determine o quanto o critério da coluna esquerda é mais importante em relação a cada critério correspondente na linha superior. Quando confrontado com ele mesmo, a única possibilidade de valor será 1.

TABELA 1 – MATRIZ DE COMPARAÇÃO PAREADA AHP

Critérios	C1	C2	C3
C1	1	X	1/Y
C2	1/X	1	Z
C3	Y	1/Z	1

FONTE: ADAPTADO DE MILLET E SAATY, 2000

Em uma matriz recíproca que respeita a propriedade da transitividade, com todos os elementos não negativos, apresenta seu maior autovalor com valor igual a ordem da matriz. Nesse contexto, enquadra-se uma matriz do método AHP, e, desse modo, é possível verificar a consistência dos elementos da matriz por meio da Razão de Consistência (RC) (Equação 3) (SAATY, 1990):

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (3)$$

Sendo:

IC = Índice de consistência;

IR = Índice randômico;

O índice de consistência é dado pela Equação 4:

$$IC = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Onde, $\lambda_{\text{máx}}$ é o auto vetor, e esse é obtido pelo somatório do produto de cada elemento do vetor prioridade pela soma total da respectiva coluna da matriz comparativa.

O índice randômico pode ser obtido para uma matriz recíproca, com elementos não-negativos e gerada de forma randômica ou pela adoção dos valores calculados por Saaty (1991), em função da ordem da matriz, como apresentado na TABELA 2.

TABELA 2 – VALORES DE ÍNDICE RANDÔMICO

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0	0	0,53	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45	1,49	1,52	1,54	1,56	1,58	1,59

FONTE: SAATY, 1991

Pela razão de consistência, deve-se mensurar o grau da inconsistência em uma matriz de julgamentos paritários por meio da avaliação de quanto o maior autovalor desta matriz se afasta da ordem da matriz. Segundo Saaty (2000), a condição de consistência dos julgamentos é de $RC \leq 10\%$.

3.7 UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA ANTAQ

Conforme apresentado no Capítulo 2, são diversos os modelos existentes para a composição de custo de transporte. Ao todo, foram apresentados brevemente 13 modelos, dos quais, o modelo escolhido para ser utilizado nessa pesquisa é a metodologia apresentada pela ANTAQ (BRASIL, 2017), por ser a única metodologia

que apresenta composições específicas para cada modal de transporte e, por sua análise ter sido realizada com base nas condições existentes no Brasil.

Dessa forma, diante da obtenção do acesso às planilhas-base da ANTAQ, foi possível tratar as características específicas para cada modal na determinação do custo de transporte, considerando os itens aplicados à metodologia escolhida.

O estudo realizado pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (BRASIL, 2017) é detalhado e permite fazer simulações para os três modais de transporte analisados e para os cinco tipos de carga determinados pelo Plano Nacional de Integração Hidroviária (BRASIL, 2013). Entretanto, como justificado anteriormente, esta pesquisa se limitou a análise do produto **Granel Sólido Agrícola**, devido à expressiva produção nacional de grãos.

O custo de transporte para o modal rodoviário e hidroviário divide-se em custos fixos e custos variáveis. Para o modal ferroviário foram levados em consideração os itens de via permanente, operação, mecânica e de tecnologia informatizada e embarcada. Na sequência são apresentadas as variáveis determinadas em cada modal (**Erro! Fonte de referência não encontrada. ao Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

QUADRO 5 – VARIÁVEIS DA COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DO MODAL RODOVIÁRIO

MODAL RODOVIÁRIO	
Custos fixos	Custos variáveis
Gastos de Remuneração de Capital (R_c)	Peças, acessórios e manutenção (G_{rc})
Gastos com salário do motorista de caminhão (G_{mt})	Gastos com combustível (G_c)
Gastos com salários da Mecânico encarregada da manutenção (G_{mc})	Gastos com óleo (G_l)
Reposição (Espécie de depreciação) do cavalo mecânico (CR_{cm})	Gastos com lavagem e lubrificação (G_{ll})
Reposição (Espécie de depreciação) do semirreboque (CR_{sr})	Gastos com pneus (G_{pn})
Gastos com licenciamento do veículo (G_{lic})	
Gastos com seguro do veículo (G_{seg})	
Outras despesas fixas (C_{outros})	

FONTE: BRASIL, 2017.

A composição para custos fixos e custos variáveis para o modal rodoviário está apresentado nas equações (5) e (6), respectivamente.

$$C_f = R_c + G_{mt} + G_{mc} + CR_{cm} + CR_{sr} + G_{lic} + G_{seg} + C_{outros} \quad (5)$$

$$C_v = G_{rc} + G_c + G_l + G_{ll} + G_{pn} \quad (6)$$

Para o modal ferroviário, a composição possui diversos aspectos não levados em consideração nos demais modais. Por exemplo, a via permanente é calculada com base nos custos de superestrutura e infraestrutura. O item de operação é composto pelos seguintes itens: trens, Centro de Controle Operacional (COO), insumos, gestão e pessoal. A mecânica foi subdividida pelos itens locomotiva e vagões. Por fim, o item de tecnologia informatizada e embarcada conta com a participação dos gastos com locomotiva, vagão, via permanente e operação.

QUADRO 6 – VARIÁVEIS DA COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DO MODAL FERROVIÁRIO

MODAL FERROVIÁRIO			
Via permanente	Operação	Mecânica	Tecnologia informatizada e embarcada
Superestrutura Infraestrutura	Trens CCO Insumos Gestão Pessoal	Locomotivas Vagões	Locomotiva Vagão Via permanente Operação

FONTE: BRASIL, 2017.

Todas as informações das composições de custos podem ser acessadas no site do Portal da ANTAQ, no item “Estudos”, no link do “Estudo da prática regulatória, vantagens competitivas e oferta e demanda de carga entre os países signatários do Acordo da Hidrovia Paraguai-Paraná” (<http://portal.antaq.gov.br/index.php/estudos/>).

QUADRO 7 – VARIÁVEIS DA COMPOSIÇÃO DE CUSTOS DO MODAL HIDROVIÁRIO

MODAL HIDROVIÁRIO	
Custos fixos	Custos variáveis
Gastos de Remuneração de Capital (R_c) Gastos com salário da tripulação (G_{st}) Reposição (Espécie de depreciação) da Embarcação (CR_{emb}) Gastos com seguro (G_{seg}) Outros (Administrativo) (G_{adm})	Gastos com manutenção da embarcação (G_{me}) Gastos com combustível (G_c) Gastos com lubrificantes (G_{lub})

FONTE: BRASIL, 2017.

Os parâmetros hidroviários analisados compõem a equação de cálculo de custo de transporte (fixos e variáveis) da seguinte forma, respectivamente:

$$C_f = R_c + G_{st} + CR_{emb} + G_{seg} + G_{adm} \quad (7)$$

$$C_v = G_{me} + G_c + G_{lub} \quad (8)$$

A partir das variáveis aplicadas, a metodologia apresenta como resultado para a carga granel sólido agrícola a relação de custos por tonelada quilômetro útil (TKU) x distância percorrida (km). Através da composição de custos, foi possível estabelecer uma relação de proporção entre os modais. Portanto, adotando-se o maior custo como 100%, neste caso do modal rodoviário, foi possível estabelecer que o ferroviário custa apenas 48% do modal rodoviário e que o hidroviário custa em torno de 25% do custo do modal rodoviário (TABELA 3).

TABELA 3 – COMPARATIVO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE

Granel Sólido Agrícola	
Modal	Comparativo custo
Rodoviário	100%
Ferrovário	48%
Hidroviário	25%

FONTE: BRASIL, 2017.

Estas considerações obtidas pela literatura, em especial nesta metodologia, são de suma importância para as análises finais dessa pesquisa, onde serão revistas essas proporções de acordo com os ajustes contemplando os fatores de nível de serviço.

3.8 DESENVOLVIMENTO DA EQUAÇÃO

Utilizando o método Analytic Hierarchy Process (AHP), onde a ponderação de cada fator pré-estabelecido foi definida por meio da importância pareada relativa, foi proposta uma equação de priorização de fatores para cada um dos modais

analisados, a qual resulta no Índice de Priorização de nível de serviço (IP_{NS}) por modal.

Os critérios e a importância de cada critério, em relação ao outro, foram estabelecidos com base na literatura e com base em experiências profissionais da autora e de profissionais da área. Após atribuir as importâncias relativas, a equação foi calculada por meio da matriz de importância pareada e foi obtido a razão de consistência da equação, assim, jugou-se satisfatória a ponderação proposta.

4 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

Este capítulo é destinado à apresentação do desenvolvimento da dissertação, bem como os resultados obtidos. Dessa forma, as próximas seções apresentam, sequencialmente, a execução das etapas necessárias para atingir os objetivos estabelecidos.

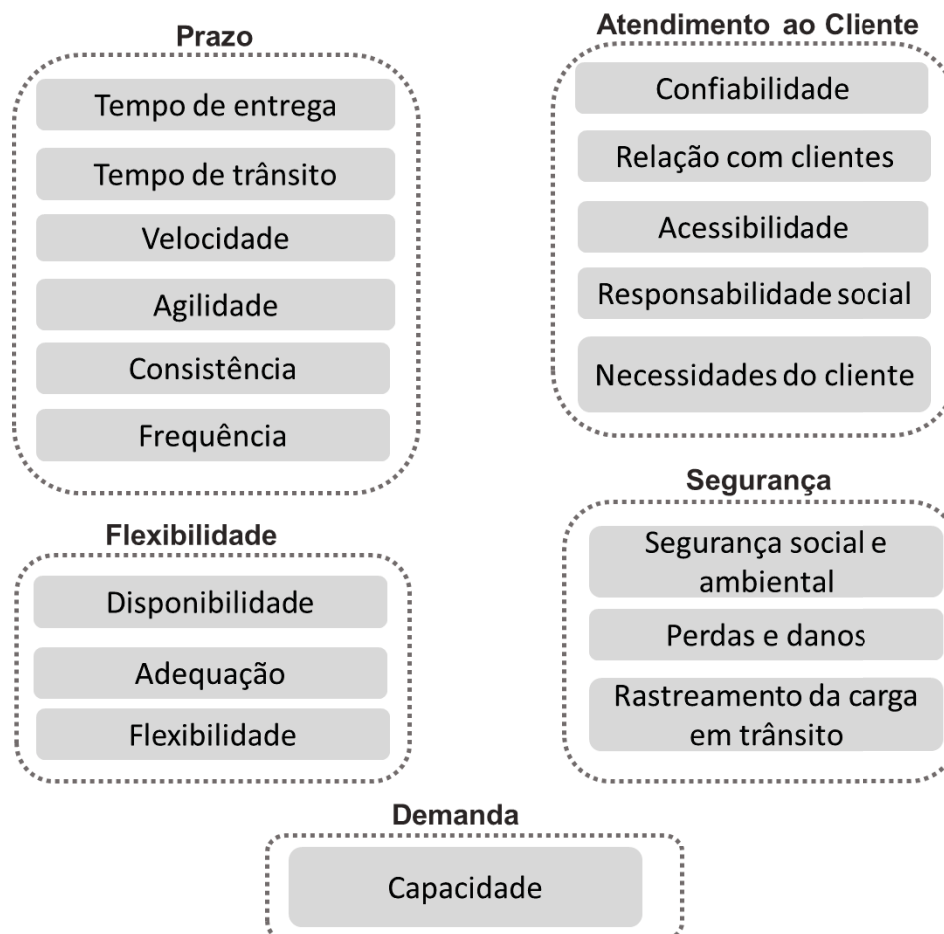
Em primeiro lugar, é apresentada uma síntese das variáveis utilizadas nos modelos de custo de transporte e, em seguida, são relacionados os fatores identificados para classificação do nível de serviço. Na sequência é elaborada a categorização dos fatores de nível de serviço, buscando otimizar a análise. A partir dos fatores já categorizados, são mostrados os resultados dos questionários aplicados e análises estatísticas das respostas. O passo seguinte é a atribuição de pesos aos fatores, a partir da aplicação da metodologia AHP. Por fim são realizadas as análises de cenários para uma validação da formulação proposta, objetivando analisar a proporção entre os modais, como na TABELA 3 – COMPARATIVO DOS CUSTOS DE TRANSPORTE , mas desta vez, levando em consideração os fatores de nível de serviço para cada modal. Dessa forma, será possível compreender melhor a situação do transporte no Brasil, bem como compreender a real relação entre os modais estudados.

4.1 CATEGORIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS

A etapa de levantamento de dados consistiu na identificação dos principais componentes necessários para a composição do custo de transporte baseado no nível de serviço para os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário.

Dentre as variáveis apresentados na Revisão de Literatura do presente estudo, foi realizada uma pré-seleção por similaridade entre as unidades de cada parâmetro, conforme indicado na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

FIGURA 8 – CATEGORIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS EM FATORES



FONTE: A AUTORA, 2020.

Através da análise das variáveis quanto às suas características e unidades de medida, optou-se por agrupar em alguns fatores, reduzindo o número de critérios constantes no questionário e que, conseqüentemente, compuseram a análise multivariada, a saber:

4.1.1 Fator Prazo

O fator prazo é composto pelas demais variáveis que possuem relação com tempo e/ou velocidade na entrega dos produtos.

A agilidade está diretamente relacionada à velocidade. Demais itens que também possuem correlação com a variável “velocidade” foram unidos neste único fator: tempo de trânsito, consistência, frequência e tempo de entrega.

O que os une, de fato, é que todos ocasionam impacto na variação do tempo de entrega, seja por velocidade, por fatores externos ou pela quantidade de movimentações programadas.

4.1.2 Fator Flexibilidade:

Este fator é composto por três variáveis: flexibilidade, disponibilidade e adequação. O denominador comum destas variáveis é que ambas visam atender qualquer par Origem/Destino conforme sua infraestrutura, equipamentos, tecnologias e pessoal disponível.

4.1.3 Fator Atendimento ao Cliente

O fator atendimento ao cliente pode ser interpretado de diversas maneiras. A entrega no prazo desejado, por exemplo, pode ser um atendimento ao que o cliente deseja. Entretanto, nesta análise, este fator é composto pelo objetivo de alcançar um desempenho no qual as questões contratuais, de regularidade dos serviços, de aproximação com o transportador, de comprometimento com ações sociais e de fidelidade do cliente sejam atendidas.

Portanto, este fator é composto pelas variáveis de confiabilidade, relação com clientes, acessibilidade, responsabilidade social e atendimento às necessidades do cliente.

4.1.4 Fator Segurança

Este fator é abrangente, podendo se referenciar à segurança da manutenção da qualidade da carga, ou à segurança por questões de furtos, segurança na garantia dos prazos de entrega, entre outros.

Porém, nesta pesquisa, dentre as variáveis identificadas, são três as que possuem similaridades, sendo elas: segurança (nos aspectos social e ambiental), perdas e danos e rastreamento da carga em trânsito.

Essas variáveis consistem em garantir a segurança da carga e do motorista, bem como evitar avarias no produto. Além disso, o controle de emissão de poluentes

e plano emergencial para possíveis riscos ambientais também são considerados como itens de segurança dentro do transporte logístico.

4.1.5 Fator Demanda (quantidade)

Este fator foi contemplado apenas pela variável “capacidade de transporte”. A demanda do cliente pode variar, entretanto sabe-se que para cada modal a capacidade de carregamento é diferente, isto faz com que esse fator seja importante para a análise e tomada de decisão na escolha do modal de transporte.

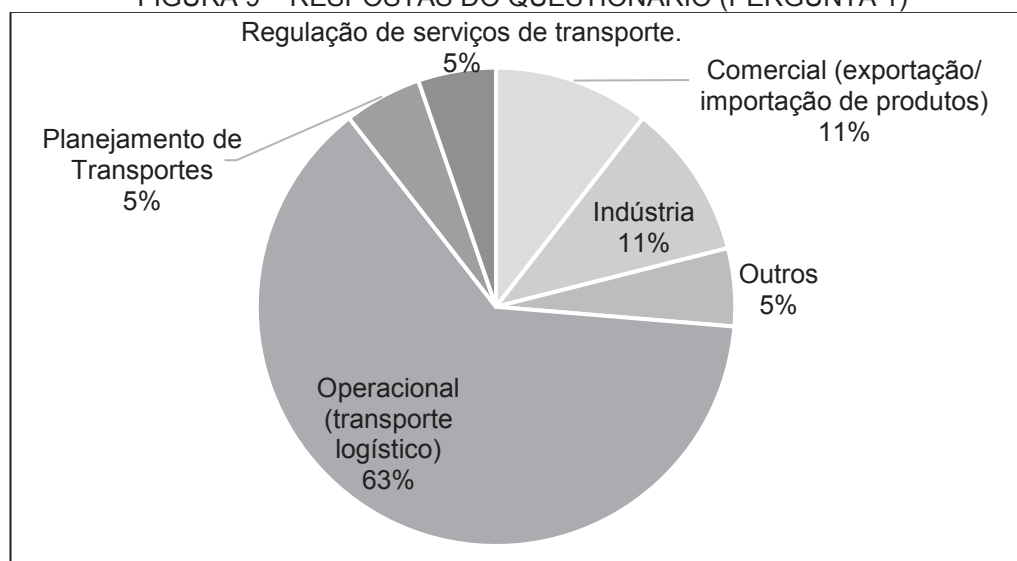
Por fim, apesar de, indiretamente, a grande maioria dos critérios ter relação com custo de transporte, algumas variáveis que caracterizam o custo propriamente dito, como o caso dos itens “**preço/custo da operação**” e “**estrutura tarifária**” foram descartados na análise de categorização de fatores, devido ao fato de que a planilha base do estudo já considera essas variáveis.

4.2 RESULTADOS DA PESQUISA APLICADA À ESPECIALISTAS

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos com a pesquisa. Primeiramente são expostos os resultados gerais de cada respondente e, posteriormente, são detalhadas análises das respostas e os cálculos utilizados na aplicação do método AHP.

De acordo com as respostas, pôde-se auferir que mais de 60% dos entrevistados trabalham com a área operacional do transporte logístico. O restante possui participação em outras áreas de transportes (FIGURA 9).

FIGURA 9 – RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO (PERGUNTA 1)



FONTE: A AUTORA, 2021.

Questionados sobre a necessidade de transportar uma carga de um ponto “A” para um ponto “B” qualquer, os respondentes tinham as seguintes opções: nível de serviço, custo de transporte e ambos em igual proporção.

Neste caso a pergunta foi abrangente, desconsiderando a disponibilidade ou não da malha viária, ou as condições específicas para cada tipo de carga transportado, bem como as especificidades de transporte para cada região do país.

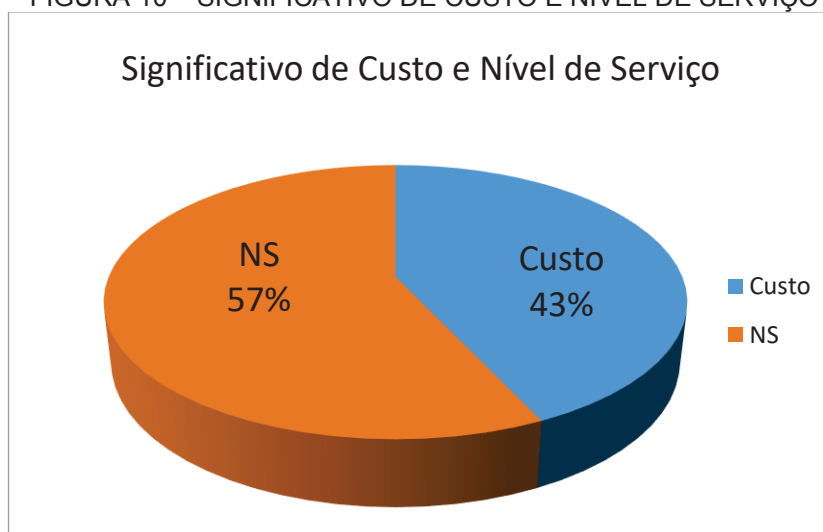
Os resultados básicos correspondem ao seguinte: Custo = 10%, NS = 32% e Ambos = 58%. A partir desses percentuais, foi possível extrair os resultados compostos para Custo = 68% e NS = 90%, que foram normalizados resultando respectivamente em 43% e 57%, conforme exposto na FIGURA 10.

Portanto, buscando uma combinação entre ambos os itens, propõem-se uma maneira de analisar a qualidade do serviço (QS) de transporte de cargas, conforme Equação (5) a seguir:

$$QS = 0,57 \text{ NS} + 0,43 \text{ Custo} \quad (9)$$

O item Custo é considerado mais relevante nos métodos encontrados na literatura, entretanto, na percepção dos especialistas, foi destacada uma relevância maior para o item Nível de Serviço.

FIGURA 10 – SIGNIFICATIVO DE CUSTO E NÍVEL DE SERVIÇO



FONTE: A AUTORA, 2021.

Para a avaliação do Nível de Serviço, foram desconsideradas duas opiniões de especialistas para o modal rodoviário e ferroviário e a opinião de um especialista para o modal hidroviário, devido ao fato de o RC calculado ter resultado maior que 10%, sendo considerados não coerentes.

Considerando a análise multicritério realizada apenas para os fatores de Nível de Serviço, foi possível identificar diferentes pesos para cada variável nos modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, respectivamente.

A matriz de comparação pareada apresentada para cada modal refere-se à consolidação ponderada dos dados obtidos em pesquisa com especialistas, determinada por meio da priorização de Saaty (FIGURA 11 a FIGURA 13). Demais matrizes obtidas através da aplicação do *Survey* encontram-se no Apêndice 2, Apêndice 3 e Apêndice 4.

O valor de $n=5$ corresponde aos cinco fatores analisados, a saber: prazo = (P); atendimento ao cliente = (AC); demanda = (D); flexibilidade = (F) e segurança = (S). O índice de coerência aleatória (ou índice randômico), conforme apresentado na TABELA 2, é de $IR=1,11$. Para calcular a razão de coerência da matriz é necessário calcular o vetor pesos e o vetor coerência. Já a razão de consistência é obtida através da razão entre o IC e o IR.

FIGURA 11 – RESULTADO CONSOLIDADO PARA O MODAL RODOVIÁRIO

CONSOLIDADO	Modal Rodoviário					n = 5			IR=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	P	AC	D	F	S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência	
P	1	2 2/3	5 2/5	4 1/6	4 6/7	0,480	2,451	5,110	
AC	3/8	1	3 1/2	2 1/6	3 1/5	0,240	1,215	5,066	
D	1/5	2/7	1	4/5	1 1/7	0,085	0,426	5,027	
F	1/4	1/2	1 1/4	1	2	0,119	0,598	5,026	
S	1/5	1/3	7/8	1/2	1	0,077	0,387	5,031	
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,052	
RC < 0,10 =			0,012		índice de coerência		IC=	0,013	

FONTE: A AUTORA, 2021.

O modal rodoviário contou com a participação de 18 especialistas, dois deles tiveram as respostas desconsideradas pelo fato que ultrapassarem o RC máximo. A matriz consolidada para este modal obteve um Índice de Coerência igual a 0,013, resultando em um RC de 0,012.

FIGURA 12 – RESULTADO CONSOLIDADO PARA O MODAL FERROVIÁRIO

CONSOLIDADO	Modal Ferroviário					n = 5			IR=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	P	AC	D	F	S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência	
P	1	1 1/5	4/5	2 1/3	1 2/7	0,229	1,155	5,039	
AC	5/6	1	1	2 5/9	1 5/7	0,236	1,190	5,043	
D	1 1/4	1	1	3 1/4	2 1/3	0,296	1,492	5,037	
F	3/7	2/5	1/3	1	5/6	0,099	0,497	5,034	
S	7/9	4/7	3/7	1 1/5	1	0,140	0,702	5,028	
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,036	
RC < 0,10 =			0,008		índice de coerência		IC=	0,009	

FONTE: A AUTORA, 2021.

Assim como no modal rodoviário, o ferroviário teve duas respostas descartadas, resultando assim em um IC=0,009 e um RC=0,008, estando dentro do valor permitido de $RC \leq 0,10$.

FIGURA 13 – RESULTADO CONSOLIDADO PARA O MODAL HIDROVIÁRIO

CONSOLIDADO	Modal Hidroviário					$n = 5$ IR=1,11		
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	P	AC	D	F	S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
P	1	5/7	5/8	16/7	13/8	0,185	0,925	5,012
AC	12/5	1	1	3	3	0,300	1,504	5,018
D	15/8	1	1	3 1/4	2 4/7	0,301	1,509	5,014
F	1/2	1/3	1/3	1	1	0,099	0,498	5,014
S	3/4	1/3	2/5	1	1	0,116	0,579	5,008
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,013
RC < 0,10 = 0,003							índice de coerência IC=	0,003

FONTE: A AUTORA, 2021.

O modal hidroviário, por sua vez, teve apenas uma resposta descartada, que ultrapassava o limite de $RC \leq 10$, resultando em um $IC=0,003$ e um $RC=0,003$, estando dentro do valor permitido de $RC \leq 0,10$.

4.3 CÁLCULO DA QUALIDADE DO SERVIÇO

Por meio das matrizes consolidadas apresentadas para os modais de transportes, foi possível extrair a equação referente ao Nível de Serviço (Equações 10, 11 e 12).

$$NS_{\text{rodo}} = 0,480 P + 0,240 AC + 0,085 D + 0,119 F + 0,077 S \quad (10)$$

$$NS_{\text{ferro}} = 0,229 P + 0,236 AC + 0,296 D + 0,099 F + 0,140 S \quad (11)$$

$$NS_{\text{hidro}} = 0,185 P + 0,300 AC + 0,301 D + 0,099 F + 0,116 S \quad (12)$$

As equações obtidas possibilitam identificar as principais características de cada modal e podem ser utilizadas na tomada de decisão, quando confrontadas comparativamente umas com as outras. Os modais ferroviário e hidroviário, por possuírem algumas características similares, obtiveram a mesma sequência de

relevância para os fatores, ficando explicitamente destacadas as divergências em relação às características do modal rodoviário.

Para o modal rodoviário, a ordem decrescente de importância dos fatores foi: prazo, atendimento ao cliente, flexibilidade, demanda e segurança. Analisando a resposta da pesquisa com a realidade, é possível dizer que a equação é coerente, uma vez que um dos pontos fortes deste modal é o serviço “porta a porta”, onde o prazo de entrega e a flexibilidade são relevantes para o atendimento ao cliente. A demanda no caso do modal rodoviário, levando em consideração a capacidade de um caminhão de 50 toneladas, por exemplo, é 70% da capacidade de um vagão de 70 toneladas e 30 vezes menor que a capacidade de uma barcaça hidroviária de 1.500 toneladas.

Para o modal ferroviário e rodoviário, apesar de possuírem pesos diferentes em cada caso, a ordem decrescente dos fatores é a mesma, a saber: demanda, atendimento ao cliente, prazo, segurança e flexibilidade. Também se considerou coerente a equação obtida, uma vez que a capacidade é um fator destaque nos dois modais e que a flexibilidade é algo que limita a expansão desses modais.

Normalizando as equações (10), (11) e (12), conforme valores significativos apresentados na Figura 3 para Nível de Serviço e Custo, de 57% e 43%, respectivamente, foram obtidos os seguintes resultados das equações (13), (14) e (15):

$$QS_{\text{rodo}} = 0,273 P + 0,137 AC + 0,048 D + 0,068 F + 0,044 S + 0,43 \text{Custo}_{\text{rodo}} \quad (13)$$

$$QS_{\text{ferro}} = 0,134 P + 0,135 AC + 0,169 D + 0,056 F + 0,080 S + 0,43 \text{Custo}_{\text{ferro}} \quad (14)$$

$$QS_{\text{hidro}} = 0,105 P + 0,171 AC + 0,172 D + 0,057 F + 0,066 S + 0,43 \text{Custo}_{\text{hidro}} \quad (15)$$

Para a definição do índice comparativo entre os modais (QS_{rodo} , QS_{ferro} , QS_{hidro}) foram desenvolvidas escalas de valores de referência (padrão), depois normalizados entre os três modais para os fatores de nível de serviço (“P”, “AC”, “D”, “F”, “S”) e Custo, que podem assumir valores diversos.

Obteve-se por meio da pesquisa na base de dados da ANTAQ, os seguintes valores de custos de transporte para os modais estudados, considerando o transporte

de granel sólido agrícola para as variáveis do estudo de caso do estado do MT (distâncias de 1.000 km), como segue:

$\text{Custo}_{\text{rodo}} = 123,46 \text{ R\$/t}$, representando nesse caso um valor de 0,125 R\$/TKU;

$\text{Custo}_{\text{ferro}} = 59,29 \text{ R\$/t}$, representando um valor de 0,060 R\$/TKU;

$\text{Custo}_{\text{hidro}} = 30,91 \text{ R\$/t}$, representando um valor de 0,0313 R\$/TKU.

O modal rodoviário apresentou-se como mais oneroso, seguido do modal ferroviário e do modal hidroviário. Tratando-se da variável Custo, obtemos dos resultados que quanto menor o valor, melhor para o transporte. Portanto foi realizada uma proporção inversa para os custos obtidos, conforme apresentado na TABELA 4.

TABELA 4 – VALORES PARA O FATOR CUSTO

Modal	Custo (R\$/t)	%
Rodoviário	123,46	14%
Ferrovário	59,29	29%
Hidroviário	30,91	57%

FONTE: A AUTORA, 2021.

Aplicando os custos obtidos à equação (13), (14) e (15), respectivamente, obtemos os seguintes resultados para QSCusto:

$$\text{QSCusto}_{\text{rodo}} = 0,43 \times 0,14 = 0,0602 \quad (16)$$

$$\text{QSCusto}_{\text{ferro}} = 0,43 \times 0,29 = 0,1247 \quad (17)$$

$$\text{QSCusto}_{\text{hidro}} = 0,43 \times 0,57 = 0,2451 \quad (18)$$

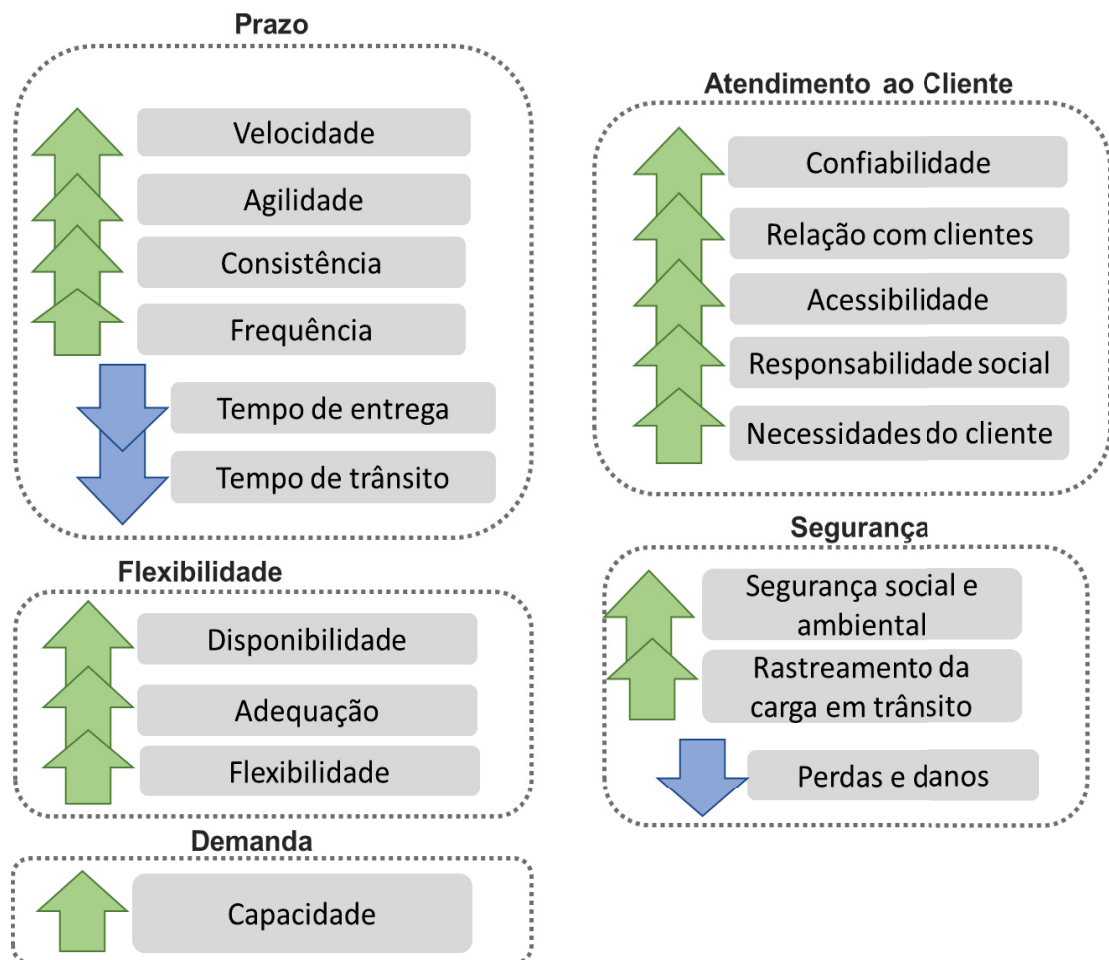
Assim, se a tomada de decisão fosse baseada apenas em Custo (QSCusto), a alternativa escolhida recairia no $\text{QSCusto}_{\text{hidro}}=0,2451$, pois foi o modal que apresentou melhor alternativa com maior peso.

Por analogia, foram definidos os padrões necessários dos fatores de nível de serviço para refletir o impacto no QS de cada modal, proporcionando a melhor tomada de decisão

Fica claro ainda que os valores dos parâmetros podem assumir valores variáveis em função dos seus elementos internos, apesar de assumir que serão melhores todos os maiores QS individuais para cada modal (P, AC, D, F, S) e, os valores resultantes devem refletir essa condição.

Assim, sugere-se a seguinte interpretação de valores considerando a FIGURA 14 proposta.

FIGURA 14 – INTERPRETEAÇÃO DE VALORES PARA QSNs



FONTE: A AUTORA, 2021.

Onde, ↑ indica que a melhor alternativa para o elemento é o maior valor assumido e ↓ indica o contrário, ou seja, a melhor alternativa para o elemento analisado é o menor valor assumido (Ex: fator de perdas e danos).

A partir dos resultados obtidos para os modais analisados, são apresentadas na sequência, as conclusões e considerações de trabalhos futuros desta pesquisa.

.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Os custos de transporte são reflexos da realidade da malha de transportes no Brasil e são fatores determinantes para a competitividade no mercado nacional e internacional. Para uma concorrência qualificada é preciso investir em logística e sistema de logística eficientes. Isso recai tanto no item Custo de transporte quanto no item Nível de Serviço.

Assim, o intuito do trabalho em questão foi propor uma análise comparativa entre os modais utilizados para o transporte de grãos no país, levando em consideração o nível de serviço, que auxiliasse na tomada de decisão para a escolha das melhores alternativas para o escoamento de cargas, e não somente Custos, como normalmente praticado.

Apresenta-se as conclusões dessa pesquisa, em relação ao desenvolvimento e aos resultados obtidos.

5.1 DO OBJETO DA PESQUISA

Conforme apresentado, o objetivo deste trabalho de pesquisa era de apresentar a análise comparativa da Qualidade de Serviço (QS) dos modais de transporte, a partir da análise dos fatores de nível de serviço e de custos de transporte nos modais rodoviário, ferroviário e hidroviário para o transporte de grãos sólidos agrícolas no Brasil, como descrito na seção 1.2.1.

Para atingi-lo, foi desenvolvido um levantamento sobre os modelos utilizados para cálculo de custo de transporte, juntamente com a identificação dos principais fatores para a análise de nível de serviço. Posteriormente, foi aplicado um questionário (Survey) com especialistas da área, buscando compreender os fatores identificados para nível de serviço. Com a contribuição dos especialistas, foi utilizado o método de análise hierárquica (AHP) desenvolvido por Saaty (1991) para definir os pesos relativos aos fatores de nível de serviço.

Foram identificados diferentes pesos para cada fator de acordo com o modal de transporte analisado. Por exemplo: para o modal rodoviário, o “Prazo” resultou no fator de maior peso, enquanto que para os modais ferroviário e hidroviário, o fator “Demanda” destacou-se como mais relevante. A partir disso, foi possível apresentar o

equacionamento para o cálculo da Qualidade de Serviço (QS), analisando conjuntamente os fatores de Custo e de Nível de Serviço, separadamente para cada modal.

5.2 DA METODOLOGIA APLICADA

Primeiramente, foi necessário determinar uma metodologia para que embasasse a formulação dos pesos para cada um dos fatores que compõem a análise comparativa de Qualidade de Serviço em função de Custos e Nível de Serviço. Visto que os métodos para composição dos custos de transporte não levam em consideração os fatores referentes ao Nível de Serviço ofertado e que, além do menor custo logístico, o mercado atual encontra-se mais exigente e competitivo, optou-se por analisar conjuntamente esses dois itens.

Nesse contexto, a determinação dos fatores e seus respectivos pesos para os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, foi fundamental para elaborar a análise que permite ao tomador decisão definir qual o melhor caminho logístico para o escoamento de cargas.

5.2.1 Do questionário (*Survey*)

Dentre os diversos métodos para coleta de dados, optou-se por utilizar um questionário eletrônico (*Survey*) disponibilizado de forma online para os respondentes.

O teste do formato inicial do questionário foi definido utilizando outro grupo de especialistas que auxiliaram nas melhorias deste questionário até sua versão final. O objetivo deste questionário foi de encontrar a relação entre os cinco fatores analisados para os três modais em questão, comparando dois a dois, possibilitando assim a análise pareada aplicada na metodologia AHP. Portanto, o questionário seguiu as orientações de Saaty (1991) na escala qualitativa dos fatores (FIGURA 6), utilizando a escala de 1 a 9, a partir da qual foi possível a construção das matrizes de comparação paritárias, necessárias para a aplicação da metodologia AHP, calculando-se a razão entre os pesos das respostas, obtendo valores que variam de 1/9 a 9.

Além disso, o questionário contemplava uma pergunta em relação a prioridade do especialista entre as opções de custos, nível de serviço ou ambos, na escolha de qual modal de transporte utilizar. O que resultou num percentual já normalizado de 43% para custos e 57% para nível de serviço.

5.2.2 Da aplicação da AHP

Utilizando as respostas dos questionários considerados válidos, foram calculadas todas as matrizes pareadas apresentadas no Apêndice 2, Apêndice 3 e Apêndice 4, para os modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, respectivamente.

Para cada resposta dos especialistas foi calculada a Prioridade Relativa dos fatores, a partir da qual foi possível encontrar o Vetor Peso e, conseqüentemente, o Vetor Coerência para cada valor. Em cada matriz foi obtida a Razão de Coerência, que é obtida através da divisão do Índice de Coerência calculado pelo Índice de Coerência Aleatório. Este estudo considerou um RC aceitável para valores inferiores a 10% ($RC < 0,10$).

5.3 DOS RESULTADOS ALCANÇADOS

Utilizando as pesquisas aplicadas e a base de dados do método de composição de Custos da ANTAQ, foi identificado que o QSC_{Custo} (parte integrante da equação de avaliação da Qualidade de Serviço ($QS = QS_{NS} + QSC_{Custo}$)) representa um percentual de 43% na composição da equação.

Dessa forma, aplicando dados reais para o cálculo deste item, foram obtidos os valores de: $QSC_{Custo_{rodo}} = 0,0602$, $QSC_{Custo_{ferro}} = 0,1247$ e $QSC_{Custo_{hidro}} = 0,2451$, conforme apresentado nas equações (16), (17) e (18). Onde, o modal hidroviário apresentou-se como melhor alternativa.

5.4 DOS TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para futuras pesquisas, a fim de complementar a análise comparativa apresentada:

- Realizar a parametrização para os fatores de nível de serviço identificados. Lembrando-se que o Brasil é composto por uma malha de transportes diversificada conforme cada local de estudo. Dessa forma, os fatores devem conseguir levar em consideração as condições reais das rodovias, ferrovias e hidrovias prospectadas;
- Incorporar a análise de roteirização a partir dos resultados alcançados, propiciando visualizar a particularidade e melhor alternativa de modal para os pares Origem/Destino analisados;
- Abordar a intermodalidade nas simulações futuras, abrangendo a combinação de dois ou mais modais de transporte, conforme QS final obtido;
- Complementar a análise comparativa com demais modais que sejam aplicáveis para cargas desejadas, como o modal aeroviário e o dutoviário.

REFERÊNCIAS

- ABC CARGAS, 2017. Flexibilidade logística: o que é e como implementar? Disponível em: [https://blog.abccargas.com/flexibilidade-logistica-o-que-e-e-como\[1\]implementar/](https://blog.abccargas.com/flexibilidade-logistica-o-que-e-e-como[1]implementar/).
- AKASAKA et al. Procedimento de escolha e análise de alternativas de transporte para exportação de bioetanol no Brasil. **The Journal of Transport Literature**, 9(1), 55-59, Jan 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/jtl/v9n1/2238-1031-jtl-09-01-0055.pdf>. Acesso em 12 Fev. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v9n1a11>.
- ALMEIDA, F.M., DA SILVA, O.M., BRAGA, M.J. O comércio internacional do café Brasileiro: A influência dos custos de transporte. **Rev. Econ. Sociol. Rural** 49 (2). Jun 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/mthtZrCNT8799ZXVmYdL48S/?lang=pt>. Acesso em 20 Fev 2020. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032011000200003>.
- ALVRENGA, A. C., NOVAES, A. G. N. **Logística Aplicada** – Suprimento e Distribuição Física. 3a edição. São Paulo: Edgar Blücher, 2000.
- ANDRADE, A. L. C; MATTEI, L. Consumo Energético e Emissões de CO2: Uma análise do setor de transportes brasileiro. Economia agrícola e do meio ambiente, 2011.
- APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. 4ª ed. Porto Alegre: Bookmann, 2001.
- BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial**, 1993.
- BARAT, Josef. 2007. **Logística e Transporte no Processo de Globalização**. São Paulo. UNESP.63.
- BARDIN, L., 2010. Análise de Conteúdo.
- BATISTA, M. N.; CAMPOS, D. C. Metodologia de pesquisa em ciências: análises quantitativas e qualitativas. Rio de Janeiro: LTC, 2010.
- BELÉM JUNIOR, J. S.. **Proposta metodológica para avaliação do nível de serviço das empresas de transporte rodoviário de cargas**. 2007, 109f. Dissertação (Mestrado em Transportes Urbanos) – Universidade de Brasília, Brasília, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/2270>. Acesso em: 18 Jan 2020.

BEN, F. Utilização do método AHP em decisões de investimento ambiental. XXVI ENEGEP - Fortaleza, Out 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Ben/publication/267163760_Utilizacao_do_metodo_AHP_em_decisoões_de_investimento_ambiental/links/58b8d65d45851591c5d8088b/Utilizacao-do-metodo-AHP-em-decisoões-de-investimento\[1\]ambiental.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fernando_Ben/publication/267163760_Utilizacao_do_metodo_AHP_em_decisoões_de_investimento_ambiental/links/58b8d65d45851591c5d8088b/Utilizacao-do-metodo-AHP-em-decisoões-de-investimento[1]ambiental.pdf). Acesso em: Jan 2020.

BERTO, Rosa Maria Villares de Souza; NAKANO, Davi Noboro. **Metodologia da Pesquisa e a Engenharia de Produção**. ENEGEP. Art 174. 1998. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART174.pdf. Acesso em: 16 Março 2020.

BOWERSOX, Donald J.; CLOSS, David J. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). 2012. Disponível em: [http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/O-cen%C3%A1rio\[1\]atual-da-navega%C3%A7%C3%A3o-interior-no-Brasil.pdf](http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/O-cen%C3%A1rio[1]atual-da-navega%C3%A7%C3%A3o-interior-no-Brasil.pdf). Acesso em: 20 Jan 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Plano Nacional de Integração Hidroviária**. 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ). **Estudo da prática regulatória, vantagens competitivas e oferta e demanda de carga entre os países signatários do Acordo da Hidrovia Paraguai-Paraná**. 2017.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT). 2020. Disponível em: http://www.antt.gov.br/cargas/arquivos_old/Ferrovuario.html.

BRASIL. Banco Nacional do Desenvolvimento (BNDES). 2016. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/infraestrutura_eua2>64.

BRASIL. Confederação Nacional do Transporte (CNT), 2018. **Anuário Estatístico da Confederação Nacional de Transportes**.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2018. Disponível em: [https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia\[1\]denoticias/releases/23886-pib-cresce-1-1-em-2018-e-fecha-ano-em-r-6-8-trilhoes](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia[1]denoticias/releases/23886-pib-cresce-1-1-em-2018-e-fecha-ano-em-r-6-8-trilhoes).

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Produto Interno Bruto, 2020.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. 2019. Disponível em: <https://www.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html>.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Plano Nacional de Logística e Transportes (PNLT)**. 2018. Disponível em: [http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/a\[1\]matriz-de-transporte-no-brasil-a-desbalanceada-diz-professora/414652](http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/a[1]matriz-de-transporte-no-brasil-a-desbalanceada-diz-professora/414652).

CAIXETA FILHO, J. V.; MARTINS, R. S. **Gestão Logística do Transporte de Cargas**. São Paulo: Atlas, 2001.

CAMPOS, M. L. de A.; GOMES, H. E.; MOTTA, D. F. **Elaboração de tesauro documentário** -Tutorial. Disponível em: <http://www.conexaorio.com/bit/tesauro/index.html>.

CARGO. Disponível em: [https://cargox.com.br/blog/o-que-fazer-para-evitar-danos-no-transporte-de\[1\]cargas](https://cargox.com.br/blog/o-que-fazer-para-evitar-danos-no-transporte-de[1]cargas). Acesso em: Ago 2020.

CARGO. Disponível em: [https://cargox.com.br/blog/como-garantir-o-prazo-de-entrega-e-a\[1\]satisfacao-do-cliente](https://cargox.com.br/blog/como-garantir-o-prazo-de-entrega-e-a[1]satisfacao-do-cliente). Acesso em: Ago 2020.

CARMO, B.B.T., NETO, J.F.B., DUTRA, N.G.S. Análise do impacto nos custos de transporte de um modelo de seleção de fornecedores baseado em variáveis socioambientais e de competitividade. **Revista Production**, vol 21, n. 3.Set 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000013>.

CATEIA et al, 2018. Determinantes das Exportações de Castanha de Caju da Guiné-Bissau (1986-2011): uma análise sob a ótica do modelo de gravidade de Bergstrand. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol 56, n. 4, Out-Dez 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560403>.

CLOZIER, René. *Geographie de la circulation: l'économie des transports terrestres (rail, route et eau)*, Paris: Genin, 1969. 404 p. (Geographie économique et sociale, v.3).

COLETI, J.DE C.; OLIVEIRA, A. L. R de. 2019. A Intermodalidade no Transporte de Etanol Brasileiro: aplicação de um modelo de equilíbrio parcial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol 57, n. 1, Jan-Mar 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790570108>.

COSTA, T. C. da, Belderrain, M. C. N. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão. 15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XV ENCITA, São José dos Campos, SP, Brasil. Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Anais, 2009.

Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP). **Glossary of Terms & Definitions**, 2009. Disponível em: <http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>.

DA SILVA, M., M. **Proposta de critérios de inovação para auxiliar o processo de seleção de projetos do Programa Inovacred**. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Setor de Ciências Tecnológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR), 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/43093>.

DEMARIA, M. **O Operador de Transporte Multimodal como Fator de Otimização da Logística**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/87842>.

DORNIER, P. P., ERNST, R. e FENDER, M. P. K. 2000. **Logística e operações globais: texto e casos**. São Paulo: Atlas.

DRESCH et al, 2015. Design Science Research. Método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Editora Bookman, 2015.

ELLER et al. Journal of Transport Literature. Vol. 5, n. 1, pp. 50-64, 2011.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). 2016. Disponível em [https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura\[1\]brasileira/graos](https://www.embrapa.br/grandes-contribuicoes-para-a-agricultura[1]brasileira/graos).

FACHINELLO, A. L.; NASCIMENTO, S. P. Cabotagem como alternativa para o transporte de carnes da região Sul para o Norte/Nordeste brasileiro: um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol 46, n. 4, Dez 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032008000400003>.

Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP). 2020. Disponível em: [https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de\[1\]soja/](https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de[1]soja/)

FERNANDES et al. 2009. Estudo comparativo entre custos associados com a utilização de sistemas multimodais de transportes. **Engevista**, V. 11, n. 2. p. 137-147, Dez 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/engevista.v11i2.237>

FERREIRA, K. A; RIBEIRO, P. C. C. Logística e transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro. XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Curitiba (PR), 2002.

Fundação Instituto de Administração (FIA). **Responsabilidade social: o que é, importância e exemplos**. 2019. Disponível em: [https://fia.com.br/blog/responsabilidade\[1\]social/](https://fia.com.br/blog/responsabilidade[1]social/). Acesso em: 15 Abr 2020.

FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. **Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento do fluxo de produtos e dos recursos**. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

FLEURY, P.F.. **Logística Empresarial: A Perspectivas Brasileira**. Coleção COPPEAD de Administração. São Paulo: Atlas, 2000.

GAMEIRO, A. H.; **Índices de preço para o transporte de cargas: O caso da soja a granel**. Tese (Doutorado em Ciências, área de Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2003.

GIACOBO, F.; CERETTA, P. S.. Planejamento logístico: uma ferramenta para o aprimoramento do nível de serviço. 2003.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª Edição. São Paulo: Atlas S.A, 2002.

Globo G1. Estudo LCA Consultores. Disponível em: [http://g1.globo.com/economia-e-negocios/noticia/2010/08/infraestrutura-do-brasil-e\[1\]reprovada-em-estudo.html](http://g1.globo.com/economia-e-negocios/noticia/2010/08/infraestrutura-do-brasil-e[1]reprovada-em-estudo.html). Acesso em: Março 2020.

GOMES, L. F. A. M. e Gomes, C. F. S. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério** (5ª ed.). São Paulo: Atlas. 2014.

GRANEMANN, S. R.; GARTNER, I. R. **Modelo multicriterial para escolha modal/sub-modal de transporte**. Dissertação (Mestrado em Economia de Empresas) – Universidade Católica de Brasília, 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228467760_Modelo_Multicriterial_para_Escolha_ModalSub-Modal_de_Transporte.

HIVECLOUD. Disponível em: <https://www.hivecloud.com.br/post/tarifas-do-transporte-rodoviario-de-cargas-calculo-de-tarifas/>. Acesso em: Jan 2020.

ILOS, Especialista em Logística e Supply Chain. Disponível em: [https://www.ilos.com.br/web/transporte-dutoviario-de-combustiveis-no-brasil\[1\]desafios-e-oportunidade/](https://www.ilos.com.br/web/transporte-dutoviario-de-combustiveis-no-brasil[1]desafios-e-oportunidade/). Acesso em Jun 2019.

INTELIPOST, 2017. Rastreamento de cargas: entenda quais são os benefícios. Disponível em: [https://www.intelipost.com.br/blog/rastreamento-de-cargas\[1\]entenda-quais-sao-os-beneficios/](https://www.intelipost.com.br/blog/rastreamento-de-cargas[1]entenda-quais-sao-os-beneficios/).

JANNUZZI, P. de M., MIRANDA, W. L. e SILVA, D. S. G. Análise Multicritério e Tomada de Decisão em Políticas Públicas: Aspectos Metodológicos, Aplicativo Operacional e Aplicações. **Informática Pública**, vol 11, n.1, p. 69-87. 2009.

KONISHI, F; COLAVITE, A. S. A matriz do transporte no Brasil: uma análise comparativa para a competitividade. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, Out 2015. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/802267.pdf>.

KUSSANO, M. R.; BATALHA, M. O. Custos logísticos agroindustriais: avaliação do escoamento da soja em grão do Mato Grosso para o mercado externo. **Revista Gestão e Produção**, vol 19, n.3, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2012000300013>.

LIMA et al; 2009. Estudo comparativo entre custos associados com a utilização de sistemas multimodais de transportes. **Engevista**, vol. 11, n. 2. p. 137-147, Dez 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/engevista.v11i2.237>.

Logística e o Mundo. Disponível em: <https://logisticaeomundo.wordpress.com/2017/09/30/modal-hidroviario/>. Acesso em: Abr 2020.

LOPES et al Scenario analysis of Brazilian soybean exports via discrete event simulation applied to soybean transportation: The case of Mato Grosso State. **Research in Transportation Business & Management**, vol 25, p. 66-75, Dez 2017. Disponível em: 10.1016/j.rtbm.2017.09.002.

MALHEIROS, B. T. **Metodologia da pesquisa em educação**. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MARCHEZETTI et al. Aplicação do método AHP para a hierarquização das alternativas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, vol. 11, n.2, p. 173-187, Abr 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ac/v11n2/a12v11n2.pdf>

MARTINS et al. 2005. Decisões estratégicas na logística do agronegócio: compensação de custos transporte-armazenagem para a soja no estado do Paraná. **Revista de Administração Contemporânea**, vol.9 n.1, Curitiba, Mar. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-65552005000100004>.

MARTINS, R. S. et al. Fatores relevantes na contratação de serviços em terminais intermodais para grãos agrícolas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol 52, n. 2, Jun 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-20032014000200008>.

MARTINS, R. S. et al. Gestão do Transporte Orientada para os Clientes: Nível de Serviço Desejado e Percebido. **Revista de Administração Contemporânea**, vol 14, n. 6, Dez 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rac/v15n6/08.pdf>.

MASCARENHAS, S. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de Metodologia da Pesquisa Científica**. 4o ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing: edição compacta**. 4ª edição, 2ª reimpressão, São Paulo: Atlas, 2008.

MENCHIK. **Gestão estratégica de transporte e distribuição**. 2010.

MENDES, R. G. **Logística e transporte: uma análise comparativa sobre os modais de transporte**. Monografia de bacharelado (Administração de Empresas) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA, Assis (SP), 2013.

MORALES ET AL. Otimização de rede intermodal para o transporte de soja do norte do Mato Grosso ao porto de Santarém. **Journal of Transport Literature**, vol 7, n. 2, Abr 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jtl/a/xh5srsNxqFNShzmKLRgmq7N/?lang=pt>.

MORETTI, C., 2019. **Alimentos para o mundo**. Disponível em: <https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/alimentos-para-o-mundo-por-celso-moretti/20191015-093216-Y640>.

MOTTA e BIANCHINI. 2010. Análise do nível de serviço logístico em uma transportadora de cargas. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Carlos – SP, 2010.

NAZÁRIO, P.; WANKE, P.; FLEURY, P.F. O papel do transporte na Estratégia Logística. **Revista Tecnológica**, no . 61, pp.42-47, Dez, 2000.

NUNES JUNIOR. **Tomada de decisão com múltiplos critérios: Pesquisa-Ação sobre o Método AHP em Pequenas Empresas**. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Departamento de Economia, Contabilidade e Administração. Universidade de Taubaté, Taubaté (SP), 2006. Disponível em: http://www.ppga.com.br/mestrado/2006/nunesjr-luis_fernando.pdf.

ODERÇO. Disponível em: <http://blog.oderco.com.br/agilidade-na-entrega/>. Acesso em: Ago 2020.

PEREIRA ET AL. Custo de transporte e alocação da demanda: análise da rede logística de uma produtora brasileira de fertilizantes nitrogenados. **Journal of Transport Literature**, vol 10, n. 4, Dez 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v10n4a1>

PETINI ET AL. A logística e o agronegócio em Goiás: o caso da soja. **Revista de Gestão**, vol 20, n 4, p.557-573, Dez 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5700/rege515>.

PONTES et al. Problemas logísticos na exportação brasileira da soja em Grão. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão**, vol.4, n.2, p.155-181, Maio-Ago 2009

PORTO GENTE. Disponível em: <https://portogente.com.br/portopedia/73414-transporte-rodoviario>. Acessado em: Fev 2020.

RAMOS, P.; RAMOS, M. M.; BUSNELLO, S. J.. **Manual prático de metodologia da pesquisa: artigo, resenha, projeto, TCC, monografia, dissertação e tese**. Blumenau: Acadêmica, 2005.

REIS, M. de A. S.; **Metodologia para o Cálculo dos Custos Logísticos Associados ao Fluxo de Mercadorias**. Dissertação (Mestrado) – Fundação Getúlio Vargas, 2011.

REIS, T., 2018. Commodities: o que são, como funcionam e vale a pena investir? Suno Artigos. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/preco-das-commodities/>

ROCHE, H.; VEJO, C. Analisis multicriterio en la toma de decisiones. Métodos Cuantitativos aplicados a la administración. Analisis multicritério – AHP. 2004. Material apoio AHP, 11 f.

RODRIGUES, Paulo Roberto Ambrosio. **Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e a Logística Internacional**. São Paulo: Aduaneiras, 2002.

SAATY, T.L. **Decision making for leaders**. Pitts burg, USA: WS. Publications, 2000.

SAATY, T. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal Services Sciences**, Vol. 1, No. 1, 2008.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. Tradução de Wainer da Silveira e Silva. McGraw-Hill, Makron, 1991.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **How to make a decision**. [S.l.: s.n.], 2012. v. 175. 1–21 p. ISSN 08848289. ISBN 0884-8289.

SANTOS, S.. **Um estudo sobre a participação do modal ferroviário no transporte de cargas no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

SILVA e CURI. Custos logísticos: um estudo sobre a composição do frete rodoviário entre zonas aduaneiras. 2º Congresso de Contabilidade, Gestão e Agronegócio. Uberlândia – MG, 2017

SILVA, M.L P. DA; MARUJO, L. G., 2012. Análise de modelo intermodal para escoamento da produção da soja no centro oeste brasileiro. **Journal of Transport Literature**, vol 6, n.2, Set 2012.

TERRA. 2020. Disponível em: <https://www.terra.com.br/economia/com-supersafra-brasil-se-consolida-como-maior-produtor-mundial-de-soja,37ba5a049440217e22e8dfa57a2faec31fal7us0.html>. Acesso em: Set 2020.

VETTORAZZI, A. C.; JOÃO, A. M.; Emissão de CO2 na logística de exportação de soja do Mato Grosso: O caso das exportações pelo Arco Norte. **Empreendedorismo, Gestão e Negócios**. São Paulo, 2016.

WANKE, P. F.. Organização do fluxo de produtos como fase da estratégia logística de produtos acabados: uma síntese dos enfoques estático e dinâmico. Tese de doutorado. Rio de Janeiro: Programa de Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, 2003.

WANKE, P. F.. Estrutura e Dinâmica do Setor de Serviços no Brasil. Capítulo 12. Rio de Janeiro, 2015.

APÊNDICE 1 – DETALHAMENTO DOS MODELOS EXISTENTES PARA CÁLCULO DE CUSTO DE TRANSPORTE

Modelo “tipo-gravidade”

De acordo com ALMEIDA *et al* (2011) A questão gravitacional tem sido utilizada para explicar fluxos internacionais, considerando que o volume de transações comerciais entre dois países é diretamente proporcional aos seus PIBs e inversamente proporcional à distância entre eles.

O modelo gravitacional foi inicialmente utilizado por Tinbergen (1962) e Linneman (1966) para explicar fluxos bilaterais de comércio. A equação da gravidade básica é a seguinte:

$$T_{ij} = \alpha \frac{M_i M_j}{d_{ij}} \quad (01)$$

Em que T_{ij} são as exportações do país i ao país j ; α é uma constante de proporcionalidade; M_n são os PIBs dos países, o que afeta diretamente o comércio; e d_{ij} é a distância geográfica entre eles, que representa uma *proxy* para todos os custos de comércio, inclusive de transporte.

O estudo de Almeida *et al* (2011) teve como objetivo analisar os fatores determinantes do custo de transporte das exportações brasileiras de café verde, utilizando a razão CIF/FOB como variável dependente e baseando-se na equação básica “tipo-gravidade”, representada a seguir:

$$\ln\left(\frac{cif_{jit}}{fob_{ijt}}\right) = \alpha + \delta_1 \ln D_{IJ} + \delta_2 DAdj_{ij} + \delta_3 DSL_j + \sum_k \varphi_{kt} t_{kt} + \omega_t \quad (02)$$

Em que cif_{jit} é o preço CIF unitário no país importador de café verde j do Brasil (i), no período t ; fob_{ijt} , o preço FOB unitário recebido pelo Brasil (país exportador) pelo país importador j , no período t ; D_{ij} , a distância entre o Brasil e o país importador j ; $DAdj_{ij}$, variável *dummy* de adjacência, que recebe valor 1 se o país importador j tem fronteira territorial comum com o Brasil; DSL_j , *dummy* que recebe valor

unitário se o país importador não possui litoral; t_{kt} , conjunto de *dummies* para cada ano, sendo 2006 o ano-base; e ω_t , termo de erro.

Modelo de gravidade de Bergstrand

Segundo Cateia *et al* (2018), o modelo de Bergstrand (1985) é um modelo gravitacional e normalmente é utilizado para fluxo desagregado de exportações. Por um lado, uma função de utilidade com a elasticidade de substituição constante (CES) é representada para os consumidores do país importador j , de tal maneira que:

$$U_j = \left\{ \left[\left(\sum_{k=1}^n x_{kj}^{\theta_j} \right)^{\frac{1}{\theta_j}} \right]^{\psi_j} + x_{jj}^{\psi_j} \right\}^{\frac{1}{\psi_j}}, \quad k \neq j; j = 1, 2, \dots, N \quad (03)$$

Em que X_{kj} é o volume de k produtos agregados demandados por esses consumidores; $\phi = (\omega_j - 1)/\omega_j$, sendo ω_j a CES entre produtos domésticos e importados em j ; e $\theta_j = (\sigma_j - 1)/\sigma_j$, em que σ_j é a CES entre importáveis em j (ou seja, é a elasticidade de substituição entre os bens não produzidos no mercado j , mas vendidos nesse mercado).

A essência do modelo de Bergstrand (1985) é de que a equação gravitacional é uma forma reduzida de um subsistema de quatro equações de equilíbrio parcial derivado de um modelo de comércio de equilíbrio geral com diferenciação de produtos por lugar de origem (BERGSTRAND, 1985, p. 475). É um modelo que é a extensão da equação gravitacional padrão, mas fundamentado na teoria de comércio internacional desenvolvida considerando as estruturas de mercados perfeitos.

Modelo FAO North American

Essa metodologia de cálculo de custos operacionais foi desenvolvida pela Food and Agriculture Organization (FAO) em 1956, aceita pela maioria dos países

européus e utilizada desde então. Em 1971 esta metodologia sofreu modificações leves, dando origem a um novo método chamado FAO/ECE/KWF.

No Brasil, Freitas et al (2004) compararam as três metodologias utilizadas, sem nenhuma adaptação, para o cálculo do custo operacional de veículos de transporte florestal, a saber: FAO/América do Norte, FAO/ECE/KWF e Battistella/Scânia

O custo operacional no método FAO é dado pelo somatório dos seguintes custos: maquinário (custos fixos e variáveis), administrativo e de pessoal. A formulação de cada item integrante do modelo original do método FAO é apresentada a seguir:

a) Custo de maquinário

1. Custos fixos

Os custos fixos são compostos por juros, seguros, impostos e depreciação do maquinário.

- Cálculo do juros:

$$J = \frac{V_a * i * f}{hf} \quad (04)$$

Em que o juros (J) é calculado através do valor de aquisição da composição veicular de carga CVC (V_a), pela taxa anual de juros (i), pelo fator que corrige o valor do equipamento em virtude da depreciação (f) e pela hora efetiva de trabalho por ano (hf).

Cálculo do hf:

$$hf = \frac{\text{vida útil (horas)}}{\text{tempo máximo de uso (anos)}} \quad (05)$$

- Cálculo do seguro:

$$S = \frac{S_a}{hf} \quad (06)$$

Em que S_a = seguro anual ($V_a \cdot 0,05$).

- Cálculo de impostos:

$$I = \frac{I_a}{h_f} \quad (07)$$

Em que I_a = imposto anual ($V_a \cdot 0,05$).

- Cálculo da depreciação:

$$D = \frac{(V_a - V_r)}{H} \quad (08)$$

Em que V_r = valor residual da CVC ($V_a \cdot 0,20$) e H = vida econômica da CVC, expressa em horas efetivas de trabalho.

2. Custos variáveis

Os custos variáveis são compostos pelo custo de combustível, graxas e lubrificantes e manutenção e consertos.

- Cálculo do custo de combustível:

$$C_{cb} = 0,121 * PB * p \quad (09)$$

Em que 0,121 é uma constante para estimar o consumo para motores a diesel; PB é a potência bruta e p é o preço do litro do diesel.

- Cálculo das graxas e lubrificantes:

$$G.L = 0,20 * C_{cb} \quad (10)$$

Em que 0,20 representa a porcentagem do custo do combustível e C_{cb} o custo do combustível.

Cálculo do custo de manutenção e consertos:

$$\text{Custo de consertos } (Co) = \frac{V_a}{t * hv} \quad (11)$$

Em que t é a vida útil do veículo, em anos; e hv é a hora efetiva de viagem por ano, calculado através da Equação 11:

$$hv = hf \left(1 - \frac{TE}{TV + TE}\right) \quad (12)$$

Em que TE é o tempo de espera e TV o tempo de viagem.

$$\text{Custo do pneu } (cp) = \frac{B}{t * hv} + \frac{(T + B)(T * hv - N)}{N * T * hv} \quad (13)$$

Em que B corresponde a 50% do custo de substituição do jogo de pneus; T é o custo de substituição de um jogo de pneus; e N é a vida útil dos pneus, em horas de viagem.

b) Custo de pessoal

O custo de pessoal é calculado pelo custo de mão-de-obra (CMD):

$$CMD = \frac{12 * S_m(1 + S)}{hf} \quad (14)$$

Em que a constante 12 representa os meses do ano; S_m representa a soma do salário mensal do motorista e ajudante; e S é o fator de encargos sociais (35%).

c) Custo de administração

$$\text{Custos administrativos } (CAD) = CD * K \quad (15)$$

Em que CD é o custo direto (soma dos custos de maquinários e de pessoal) e K é o coeficiente de administração (10%).

Modelo Problema Clássico de Transporte

O Problema Clássico de Transporte é o mais representativo dos Problemas de Programação Linear, de grande aplicação prática e tem como objetivo determinar as quantidades de produtos a serem transportadas a partir de um conjunto de fornecedores para um conjunto de consumidores, de forma que o custo total de transporte seja minimizado. O problema considera dois elos da cadeia de suprimentos e não incluem instalações intermediárias, como centros de distribuição (BELFIORE; FÁVERO, 2012).

Pereira et al (2016) utilizou a aplicação do Problema Clássico de Transporte para otimizar a rede logística de distribuição de fertilizantes no estado do Paraná, adotando os valores de fretes obtidos no ano de 2012 através do Sistema de Informações de Fretes (SINFRECA), multiplicando pelas distâncias de cada simulação.

A função objetivo do Problema Clássico de Transporte é dada pela seguinte equação:

$$\min z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (16)$$

Em que:

C_{ij} = custo unitário de transporte do fornecedor i para o consumidor j;

X_{ij} = quantidades transportadas do fornecedor i para o consumidor j;

C_{fi} = capacidade de abastecimento do fornecedor i ($i = 1, \dots, m$);

d_j = demanda do destino j ($j = 1, \dots, n$).

Problema de Complementaridade Mista (PCM)

Coleti e Oliveira (2019) utilizaram o modelo de complementaridade mista (PCM) para análise da movimentação do etanol brasileiro, através do proposto por Oliveira (2011). O PCM desenvolvido para a movimentação de etanol no Brasil foi processado através do programa computacional *General Algebraic Modeling System – GAMS* (BROOKE *et al.*, 1995).

De acordo com Oliveira (2011), o PCM consiste em um sistema de equações simultâneas (que podem ser lineares ou não lineares), que são descritas como desigualdades, que é alimentado pelas funções de oferta e demanda.

O PCM proposto para analisar o mercado de etanol brasileiro é apresentado a seguir:

Índices:

- i : regiões de oferta de etanol ($i = 1, 2, 3, \dots, 5$)
- j : regiões de consumo interno para o etanol ($j = 1, 2, 3$)
- k : regiões de demanda internacional para o etanol ($k = 1, 2, 3$)
- r : rotas de transporte de etanol ($r = 1, 2, \dots, 18$)

Variáveis:

- p_i : preço de oferta
- p_j : preço do consumo interno
- p_k : preço da demanda internacional
- x_i : quantidade ofertada
- y_j : consumo interno
- y_k : consumo da demanda internacional
- θ ...: quantidade movimentada

Parâmetros:

- t ...: custo de transporte
- ∂_i : preço-sombra da região de oferta i (de etanol)
- ϕ_j : preço sombra da região de consumo j
- ϕ_k : preço sombra da região de consumo k

Programação Linear

O estudo elaborado por Fachinelo e Nascimento (2008), prevê a obtenção de rotas mais econômicas para o escoamento de carnes das fábricas até os consumidores. O sistema computacional utilizado foi o GAMS (Sistema Geral de Modelagem Algébrica).

O modelo utilizou os seguintes itens:

i representa as unidades fabris da empresa;

j representa os centros consumidores;

t representa as alternativas de rotas para o transporte da carga;

p representa os produtos disponíveis para transporte.

A função objetivo de minimização do custo total de transporte é dada por:

$$Z = \sum_{i=1}^i \sum_{j=1}^j \sum_{t=1}^t \sum_{p=1}^p (CT_{ijt} * X_{ijtp}) \quad (17)$$

Em que CT_{ijt} é o valor do frete da origem i para o destino j pelo meio de transporte t, em toneladas; $X(i,j,t,p)$ é a quantidade de carnes do tipo p transportada da fábrica i para o mercado j, via meio de transporte t, em toneladas.

O modelo contou com restrições em relação à quantidade de produto transportado conforme a capacidade ou a demanda.

Metodologia Cass- EUA

A metodologia utilizada pelo departamento de transportes americano é empregada desde 1973 pela Cass Information Systems, Inc. A metodologia Cass, calcula o custo logístico anual através dos dados fornecidos pelo relatório *Annual State of Logistics Report*, publicado pelo *Council of Supply Chain Management Professionals* - CSCPM (Wilson 2011). Os componentes-chave para os cálculos são: custos de transporte, custos de estoque e custos administrativos.

Esta metodologia é baseada em custos de estoque e custos administrativos, onde os custos de estoque incluem os custos de oportunidades, impostos e taxas, seguro e riscos, obsolescência, indenização, roubos e movimentação interna do estoque e os custos administrativos envolvem os custos com gastos de pessoal, gastos com tecnologia de informação e demais despesas operacionais.

Metodologia South Korea Transport Institute- Coréia do Sul

A metodologia da Coréia do Sul baseou-se em custos de transporte, exploração, inventário, embalagem, manuseio, informação e despesas administrativas.

Metodologia LCM – África do Sul

A metodologia LCM foi desenvolvida para calcular o custo de logística para a África do Sul. O LCM consiste numa composição de quatro custos, a saber: custo de transporte, custo de armazenamento, custo de estoque e custo de gerenciamento e administração, conforme apresentado na equação 18.

$$TLC = TOTC + TSHC + TIC + TMAC \quad (18)$$

Em que TLC é o custo total de logística; TOTC é o custo de transporte geral; TSHC é o custo total de manuseio envolvido; TIC é o custo total de estoque; e TMAC é o custo total de gestão e administração.

a) Custo de transporte

Os custos de transporte são calculados pela somatória da multiplicação da estimativa do volume de mercadorias i , transportado pelo modo k , pela distância média percorrida, pelo custo unitário por (tonelada x km), conforme Figura 1.

Figura 1- Formulação para cálculo do custo de transporte (LCM)

ET_{ik} is the estimated tonnage of commodity i transported by mode k

EP_{ik} is the estimated percentage of commodity i transported by mode k

AT_i is the actual total tonnage of commodity i

$$ET_{ik} = EP_{ik} \cdot AT_i$$

$TTCP_i$ is the total transport cost per commodity i

$MCTK_k$ is the modal unit cost per ton-kilometre per transport mode k

$PATD_{ik}$ is the commodity specific average distance transported per commodity i by mode k

$$TTCP_i = \sum_{k=1}^n ET_{ik} \cdot MCTK_k \cdot PATD_{ik}$$

$TOTC$ is the total overall transport cost

$$TOTC = \sum_{i=1}^m TTCP_i$$

Fonte: Botes; Jacobs; Pienarr, 2006

b) Custo de armazenamento

O custo de armazenamento é dado em função da duração e do volume de armazenamento, do custo unitário de armazenamento e do custo de manuseio das mercadorias e é dado pela formulação apresentada na Figura 2

Figura 2 – Formulação para cálculo do custo de armazenamento (LCM)

$SHCPT_i$ is the storage and handling cost per ton for commodity i

$HCPT_i$ is the handling (loading and off-loading) cost per ton for commodity i

$WAOHPT_i$ is the warehousing administration and overhead cost per ton for commodity i

$$SHCPT_i = SCPT_i + WAOHPT_i + HCPT_i$$

$$TSHC = \sum_{i=1}^n SHCPT_i \cdot AT_i$$

Fonte: Botes; Jacobs; Pienarr, 2006

c) Custo de estoque

O custo de estoque nessa metodologia é calculado pela somatória da multiplicação da taxa de juros anualizada pelo valor médio por tonelada de mercadoria, com a quantidade (toneladas) em trânsito e armazenada (Figura 3).

Figura 3 – Formulação para cálculo do custo de estoque (LCM)

$$\begin{aligned}
 TTT &= \sum_{k=1}^n TTPT_{ik} \cdot ET_{ik} \text{ is the total ton-years in transit of commodity } i \\
 TST_i &= AT_i \cdot STPTY_i \text{ is the total ton-years in storage for commodity } i \\
 AVPT_i &\text{ is the average value per ton of commodity } i \\
 IR &\text{ is the prevailing interest rate per year} \\
 IC_i &= IR \cdot AVPT_i \cdot (TTT_i + TST_i) \text{ is the inventory cost per commodity } i \\
 \text{The total inventory cost is the sum over all commodities of the inventory cost per commodity } TIC &= \sum_{i=1}^n IC_i
 \end{aligned}$$

Fonte: Botes; Jacobs; Pienarr, 2006

d) Custo de gestão e administração

Os custos administrativos são calculados como uma porcentagem do custo unitário de transporte e armazenagem. Estas porcentagens, que variam de acordo com o tipo de armazenagem e transporte.

Figura 4 – Formulação para cálculo do custo de gestão e administração (LCM)

$$\begin{aligned}
 MAPC_k &\text{ mode-specific administrative percentage of cost for mode } k \\
 MACT_i &= WAOHPT_i + \sum_{k=1}^n MCTK_k \cdot PATD_{ik} \cdot MAPC_k \\
 TMAC &= \sum_{i=1}^n MACT_i \cdot AT_i
 \end{aligned}$$

Fonte: Botes; Jacobs; Pienarr, 2006

Metodologia ILOS

A empresa ILOS, especialista em logística e supply chain subdivide o custo logístico em custo de transporte, custo de estoque e custo de armazenagem e administrativo.

a) Custo de transporte

O custo de transporte é calculado por modal. No caso do modal ferroviário os dados foram obtidos juntamente com a ANTT a partir do cálculo das receitas e, segundo o estudo, é o valor equivalente ao custo de todos os embarcadores. Para o modal rodoviário, os custos foram calculados de forma direta pelo consumo de diesel, valor gasto em pedágios e gerenciamento de risco. No modal aquaviário, o cálculo utilizou os valores de fretes cobrados pelo tipo de carga transportado na hidrovia.

b) Custo de estoque e armazenagem

Esses custos são compostos pelo custo de armazenagem; taxa sob estoque imobilizado; custo de armazenagem geral; custo de armazenagem própria; custos de manutenção do estoque; e custos de capital.

c) Custo administrativo

Nesta metodologia é utilizada uma taxa de 4% do total do custo logístico.

Metodologia FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

A Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas realiza, na verdade, o acompanhamento de custos a partir de uma empresa virtual representativa no setor, que atualiza a planilha de custos, apresentando o custo total.

Tal formulação segue a metodologia descrita a seguir:

$$\text{Custo total} = \text{Custo peso} + \text{Custo valor} + \text{GRIS} + \text{Impostos} \quad (18)$$

Onde:

Custo valor = custos referentes à retenção ou transferências de perdas incorridas no transporte da mercadoria que é obtido através de um percentual aplicado sobre o valor da tonelada da mercadoria transportada;

Custo peso = $A + B.X + C$. É o custo relacionado ao peso da mercadoria, onde:

$A = [(CF / H) . TCD] / CAP$. É o custo do tempo gasto para carregar, descarregar e esperar carga;

$B = \{ [CF / (H \cdot V)] + CV \} / CAP$. É o custo relacionado à transferência da mercadoria que deve ser multiplicado por X, que é a distância percorrida;

$C = c \cdot (DAT / TEXP)$. São as despesas indiretas da transportadora (despesas administrativas e de terminais);

onde:

CF = custo fixo (R\$)

H = número de horas trabalhadas por mês (h)

TCD = tempo gasto para carregar, descarregar e esperar carga (h)

CAP = capacidade média de carga efetiva (t)

V = velocidade média do veículo (km/h)

CV = custo variável (R\$/km)

DAT = despesas administrativas e de terminais (R\$)

TEXP = tonelagem expedida (t)

c = coeficiente do uso de terminais

Essa fórmula apresentada pela FIPE possui duas ressalvas: no transporte de carga lotação não cabe a aplicação da variável “c” e, na operação urbana, as despesas indiretas, de impostos e gerenciamento de riscos já estão computadas nos custos de transferência, não entrando na formulação.

Metodologia do GVCELOG

A metodologia apresentada pela CVcelor – Centro de Excelência em Logística e Supply Chain da Fundação Getúlio Vargas se caracteriza pela estimativa dos custos totais de transporte, manutenção do estoque e administrativos.

a) Custos totais

Nesta metodologia foram considerados os modais rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aeroviário, sem considerar os transportes internacionais de carga.

Para o cálculo do custo total foram necessários os seguintes dados:

- Relação de mercadorias transportadas pelo modal de transporte k
- Tonelagem transportada pelo modal k para cada mercadoria i
- Distância média percorrida pela mercadoria i no modal k
- Custo unitário médio do transporte da mercadoria i pelo modal k

$$CT = \sum T_{ik} \times C_{Uik} \times D_{Mik}$$

Onde:

CT: Custo total de transporte no período;

T_{ik} Tonelagem da mercadoria i transportada pelo modal k no período;

C_{Uik} : Custo unitário médio de transporte por tkm da mercadoria i pelo modal

k;

D_{Mik} : Distância média percorrida pela mercadoria i no modal k

b) Custos de estoque

A estimativa dos custos totais de manter estoques (CE) inclui dois componentes:

- Custo de Capital (CC)
- Custos de Armazenagem (CA)

Para o cálculo do custo total de manter estoques é necessária a coleta dos seguintes dados:

- Custo de capital (CC) para a mercadoria i
 - Estoque médio no período em toneladas para mercadoria i.
 - Valor médio por tonelada da mercadoria i armazenada no período.
 - Custo de oportunidade (taxa de juros).

b) Custos de Armazenagem (CA) para a mercadoria i

- i. Custo de movimentação e manuseio por tonelada para a mercadoria i;
- ii. Depreciação dos equipamentos operacionais, incluindo sistemas de armazenagem e de movimentação (empilhadeiras, paletes, etc);
- iii. Salários médios e encargos da mão-de-obra de pessoal operacional;
- iv. Custo do espaço ocupado (proporcional à área e região);
- v. Custos de terreno e da construção do galpão;
- vi. Valores médios das facilidades (IPTU, luz, água, segurança, limpeza, manutenção predial e remoção do lixo);
- vii. Seguro da mercadoria (% sobre valor médio do estoque por tipo de mercadoria);
- viii. Seguro das instalações (% sobre área e valor dos equipamentos);
- ix. Obsolescência (% sobre o valor médio do estoque por tipo de mercadoria);
- x. Quebras, danos e perdas em geral (% sobre o valor médio do estoque).

A fórmula do Custo de manter o estoque (CE), portanto, será:

$$CE = CC + CA$$

Para o cálculo do custo de Capital (CC) a fórmula é:

$$CC = \sum E_{mi} \times V_{mi} \times T_x$$

Onde:

CC: Custo de capital

E_{mi} : Estoque médio no período em toneladas para mercadoria i

V_{mi} : Valor médio por tonelada da mercadoria i no período

T_x : Taxa de juros

Já para o custo de armazenagem (CA), a fórmula é:

$$CA = \sum E_{mi} \times V_{mi} \times h$$

Onde:

h: Somatória dos valores médios dos custos de instalações prediais para armazenagem, de movimentação e manuseio dos materiais, de seguros (mercadoria e instalações), de obsolescência e de quebras, perdas e danos gerais. Todos os componentes desse custo são expressos como porcentagens do valor médio dos estoques.

c) Custo administrativo

Os custos administrativos (CAd) nas atividades logísticas incluem:

- Salários e encargos de pessoal administrativo para gestão de transportes e armazéns.
- Sistemas de informação e equipamentos associados (computadores, periféricos, software, móveis)
- Custos intangíveis (burocracias, legislação, entre outros)

$$CAd = SE + SI + CI$$

Onde:

SE: Custo com salários e encargos

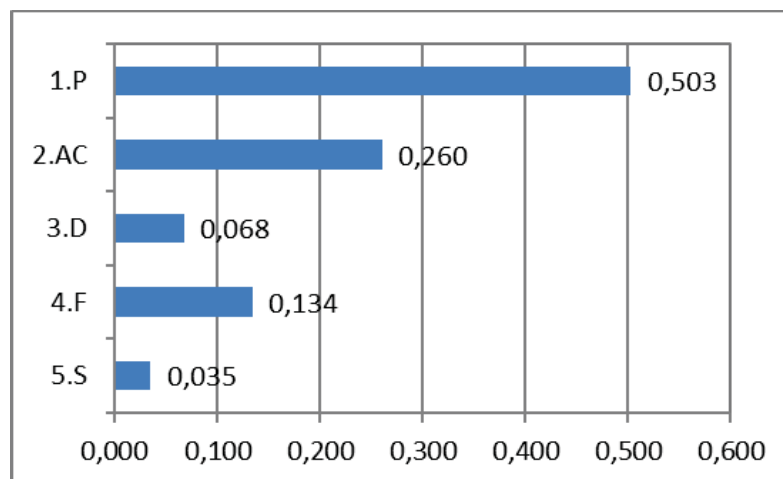
SI: Custo dos sistemas de informação e equipamentos associados

CI: Custos intangíveis

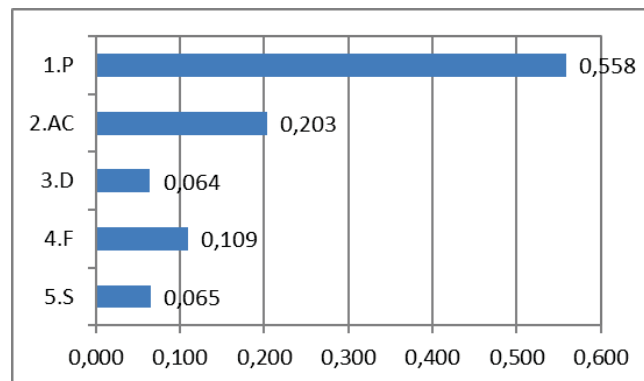
APÊNDICE 2 – MEMORIAL DE CÁLCULO DO MODAL RODOVIÁRIO

O memorial de cálculo apresenta todas as respostas válidas utilizadas para a análise do modal rodoviário. As tabelas apresentam-se divididas por especialista. Cada especialista respondeu a relevância entre os fatores e, a partir disto, foi calculada a prioridade relativa, o vetor peso e o vetor coerência para cada respondente. Foram considerados apenas os especialistas que obtiveram RC

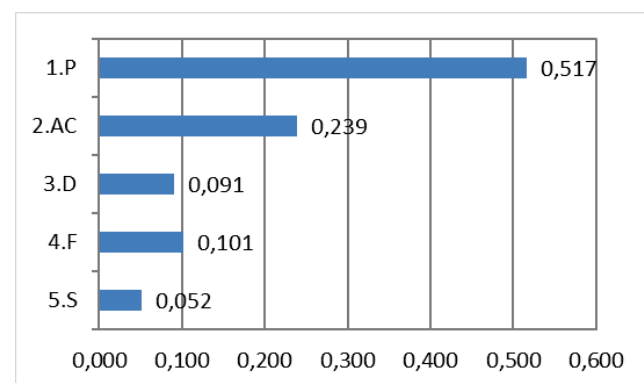
Especialista 1	Modal Rodoviário					<i>n</i> = 5 RI=1,11		
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	7	5	9	0,503	2,743	5,455
2.AC	1/3	1	5	3	7	0,260	1,414	5,432
3.D	1/7	1/5	1	1/3	3	0,068	0,341	5,030
4.F	1/5	1/3	3	1	5	0,134	0,699	5,204
5.S	1/9	1/7	1/3	1/5	1	0,035	0,177	5,093
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



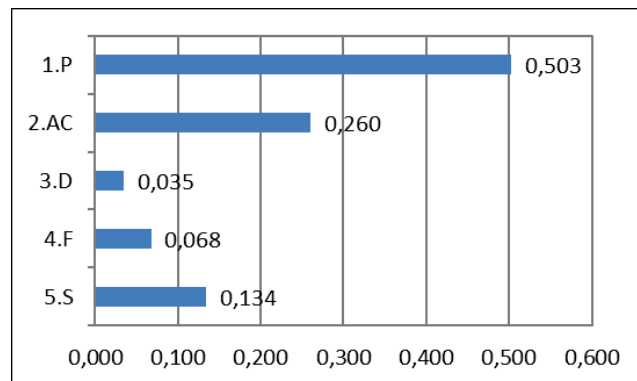
Especialista 2	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	7	9	5	5	0,558	3,430	6,143
2.AC	1/7	1	5	3	3	0,203	1,128	5,559
3.D	1/9	1/5	1	1	1	0,064	0,341	5,296
4.F	1/5	1/3	1	1	3	0,109	0,549	5,035
5.S	1/5	1/3	1	1/3	1	0,065	0,345	5,289
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,464
RC < 0,10 = 0,10					índice de coerência	CI=	0,116	



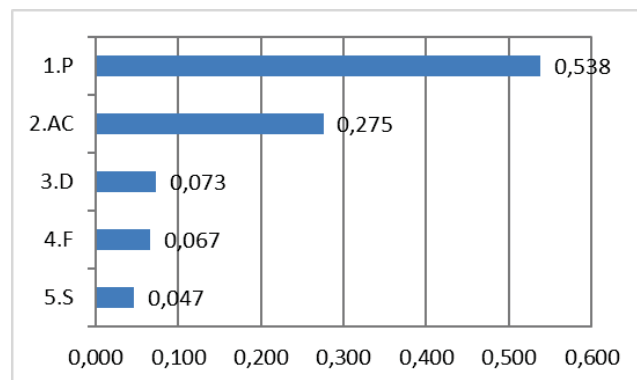
Especialista 4	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	5	7	5	5	0,517	3,116	6,032
2.AC	1/5	1	5	3	5	0,239	1,360	5,685
3.D	1/7	1/5	1	1	3	0,091	0,469	5,161
4.F	1/5	1/3	1	1	3	0,101	0,531	5,231
5.S	1/5	1/5	1/3	1/3	1	0,052	0,267	5,160
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,454
RC < 0,10 = 0,10					índice de coerência	CI=	0,113	



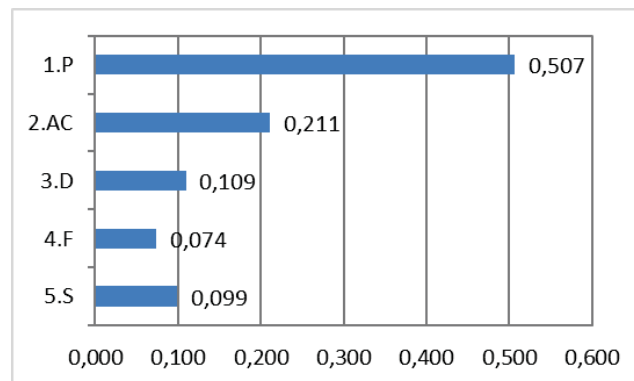
Especialista 5	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	9	7	5	0,503	2,743	5,455
2.AC	1/3	1	7	5	3	0,260	1,414	5,432
3.D	1/9	1/7	1	1/3	1/5	0,035	0,177	5,093
4.F	1/7	1/5	3	1	1/3	0,068	0,341	5,030
5.S	1/5	1/3	5	3	1	0,134	0,699	5,204
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



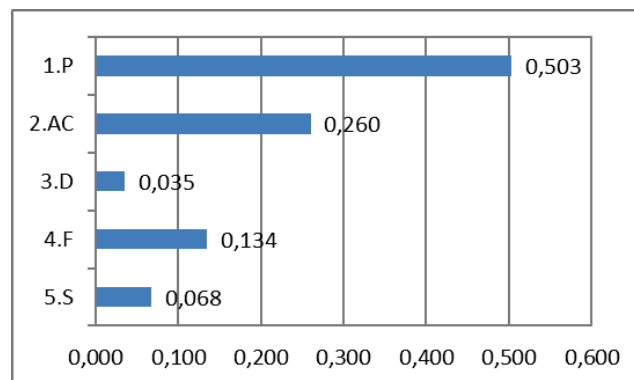
Especialista 6	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	5	9	5	9	0,538	3,325	6,178
2.AC	1/5	1	7	5	7	0,275	1,554	5,640
3.D	1/9	1/7	1	1	3	0,073	0,379	5,190
4.F	1/5	1/5	1	1	1	0,067	0,349	5,237
5.S	1/9	1/7	1/3	1	1	0,047	0,237	5,076
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,464
RC < 0,10 = 0,10							índice de coerência	CI= 0,116



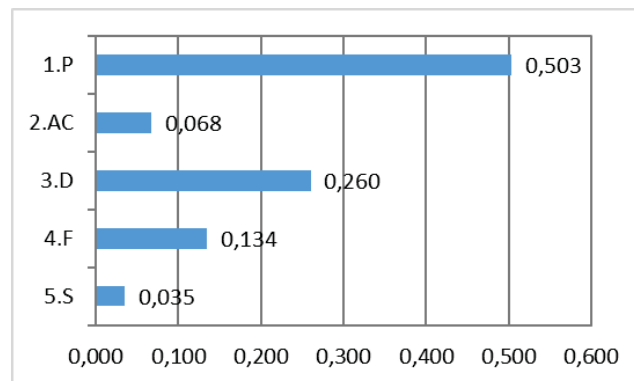
Especialista 7	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	5	7	5	3	0,507	2,995	5,912
2.AC	1/5	1	3	3	3	0,211	1,159	5,483
3.D	1/7	1/3	1	3	1	0,109	0,573	5,237
4.F	1/5	1/3	1/3	1	1	0,074	0,381	5,158
5.S	1/3	1/3	1	1	1	0,099	0,521	5,273
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,413
RC < 0,10 = 0,09					índice de coerência	CI=	0,103	



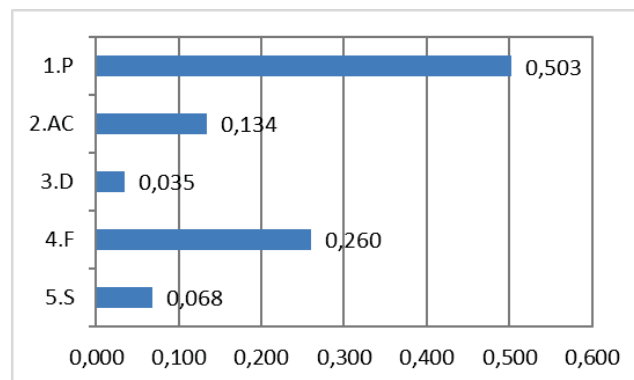
Especialista 8	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	9	5	7	0,503	2,743	5,455
2.AC	1/3	1	7	3	5	0,260	1,414	5,432
3.D	1/9	1/7	1	1/5	1/3	0,035	0,177	5,093
4.F	1/5	1/3	5	1	3	0,134	0,699	5,204
5.S	1/7	1/5	3	1/3	1	0,068	0,341	5,030
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05					índice de coerência	CI=	0,061	



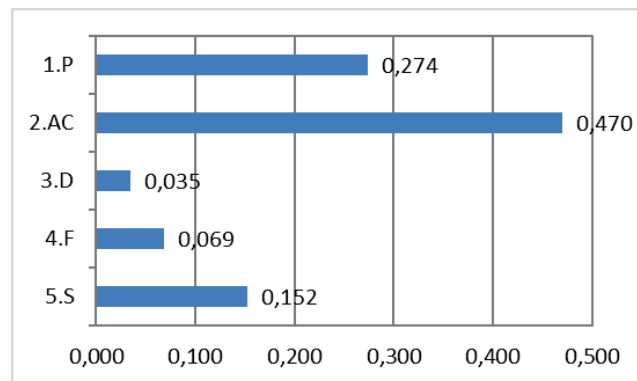
Especialista 9	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	7	3	5	9	0,503	2,743	5,455
2.AC	1/7	1	1/5	1/3	3	0,068	0,341	5,030
3.D	1/3	5	1	3	7	0,260	1,414	5,432
4.F	1/5	3	1/3	1	5	0,134	0,699	5,204
5.S	1/9	1/3	1/7	1/5	1	0,035	0,177	5,093
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05					índice de coerência	CI=	0,061	



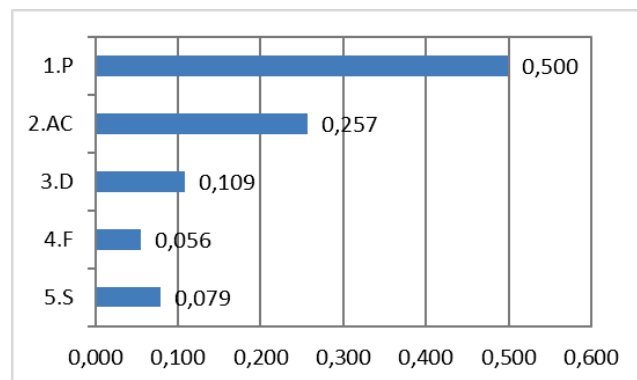
Especialista 10	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	5	9	3	7	0,503	2,743	5,455
2.AC	1/5	1	5	1/3	3	0,134	0,699	5,204
3.D	1/9	1/5	1	1/7	1/3	0,035	0,177	5,093
4.F	1/3	3	7	1	5	0,260	1,414	5,432
5.S	1/7	1/3	3	1/5	1	0,068	0,341	5,030
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05					índice de coerência	CI=	0,061	



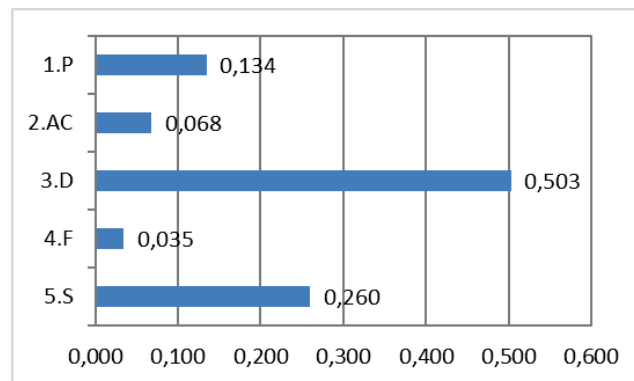
Especialista 11	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	7	5	3	0,274	1,476	5,379
2.AC	3	1	9	7	3	0,470	2,545	5,417
3.D	1/7	1/9	1	1/3	1/5	0,035	0,180	5,125
4.F	1/5	1/7	3	1	1/3	0,069	0,346	5,056
5.S	1/3	1/3	5	3	1	0,152	0,781	5,131
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,222
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,055



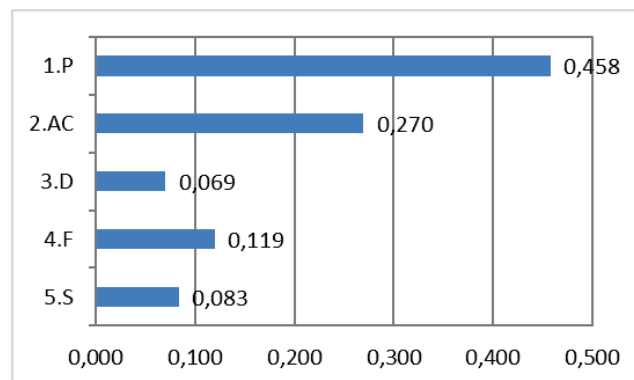
Especialista 12	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	7	7	5	0,500	2,817	5,635
2.AC	1/3	1	5	5	3	0,257	1,483	5,783
3.D	1/7	1/5	1	5	1	0,109	0,589	5,401
4.F	1/7	1/5	1/5	1	1	0,056	0,279	5,012
5.S	1/5	1/3	1	1	1	0,079	0,429	5,441
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,454
RC < 0,10 = 0,10							índice de coerência	CI= 0,114



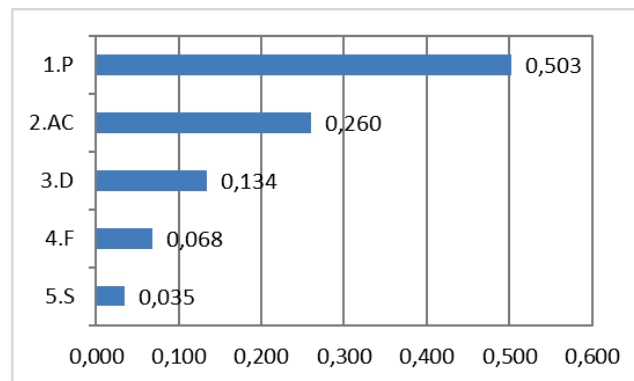
Especialista 13	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	1/5	5	1/3	0,134	0,699	5,204
2.AC	1/3	1	1/7	3	1/5	0,068	0,341	5,030
3.D	5	7	1	9	3	0,503	2,743	5,455
4.F	1/5	1/3	1/9	1	1/7	0,035	0,177	5,093
5.S	3	5	1/3	7	1	0,260	1,414	5,432
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



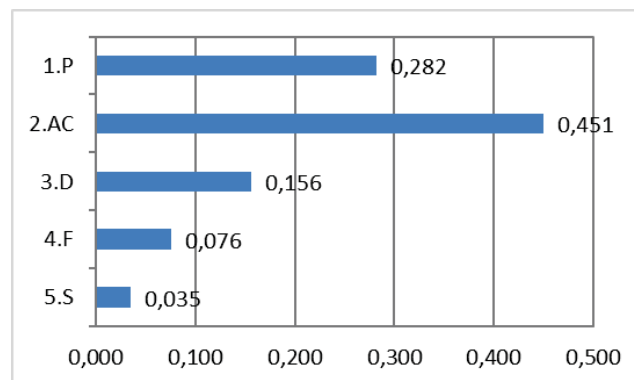
Especialista 14	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	7	5	3	0,458	2,601	5,679
2.AC	1/3	1	7	3	3	0,270	1,517	5,625
3.D	1/7	1/7	1	1	1	0,069	0,376	5,417
4.F	1/5	1/3	1	1	3	0,119	0,621	5,197
5.S	1/3	1/3	1	1/3	1	0,083	0,435	5,217
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,427
RC < 0,10 = 0,10							índice de coerência	CI= 0,107



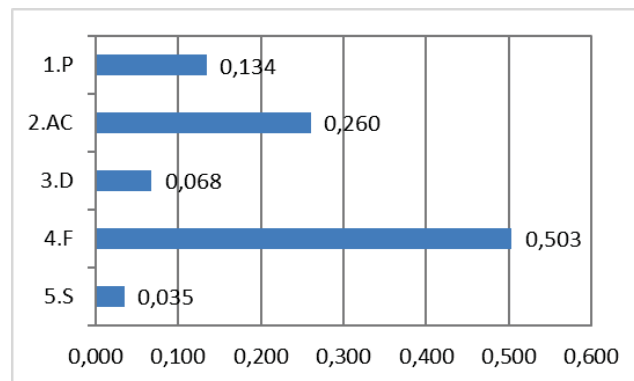
Especialista 15	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	5	7	9	0,503	2,743	5,455
2.AC	1/3	1	3	5	7	0,260	1,414	5,432
3.D	1/5	1/3	1	3	5	0,134	0,699	5,204
4.F	1/7	1/5	1/3	1	3	0,068	0,341	5,030
5.S	1/9	1/7	1/5	1/3	1	0,035	0,177	5,093
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05					índice de coerência	CI=	0,061	



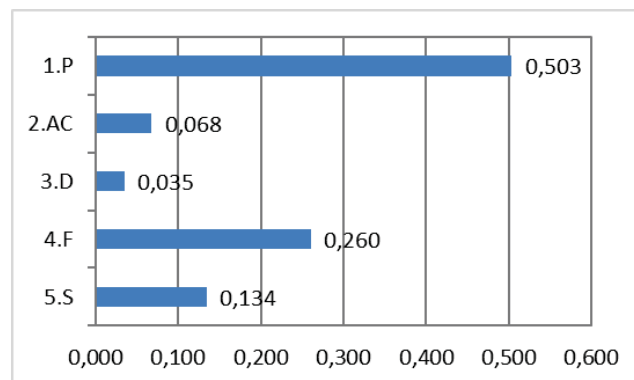
Especialista 17	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	3	5	7	0,282	1,526	5,415
2.AC	3	1	3	5	9	0,451	2,461	5,459
3.D	1/3	1/3	1	3	5	0,156	0,804	5,141
4.F	1/5	1/5	1/3	1	3	0,076	0,380	5,030
5.S	1/7	1/9	1/5	1/3	1	0,035	0,182	5,159
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,241
RC < 0,10 = 0,05					índice de coerência	CI=	0,060	



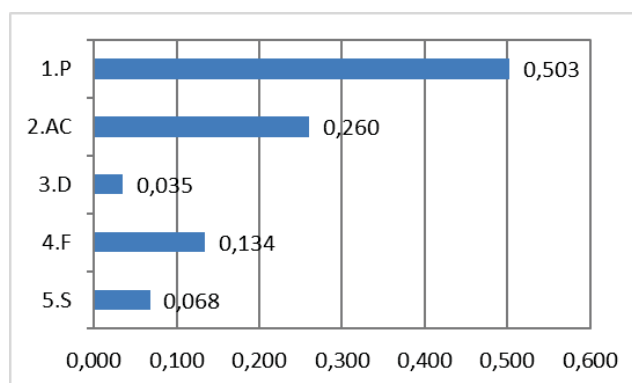
Especialista 18	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	3	1/5	5	0,134	0,699	5,204
2.AC	3	1	5	1/3	7	0,260	1,414	5,432
3.D	1/3	1/5	1	1/7	3	0,068	0,341	5,030
4.F	5	3	7	1	9	0,503	2,743	5,455
5.S	1/5	1/7	1/3	1/9	1	0,035	0,177	5,093
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05					índice de coerência	CI=	0,061	



Especialista 19	Modal Rodoviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	7	9	3	5	0,503	2,743	5,455
2.AC	1/7	1	3	1/5	1/3	0,068	0,341	5,030
3.D	1/9	1/3	1	1/7	1/5	0,035	0,177	5,093
4.F	1/3	5	7	1	3	0,260	1,414	5,432
5.S	1/5	3	5	1/3	1	0,134	0,699	5,204
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05					índice de coerência	CI=	0,061	

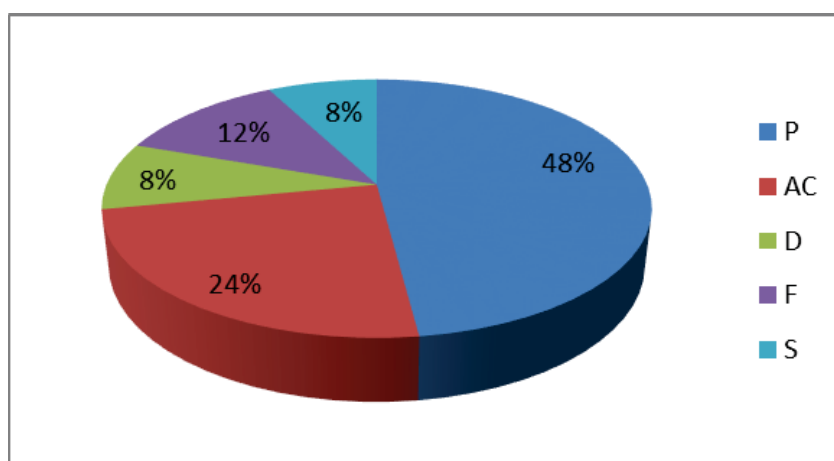
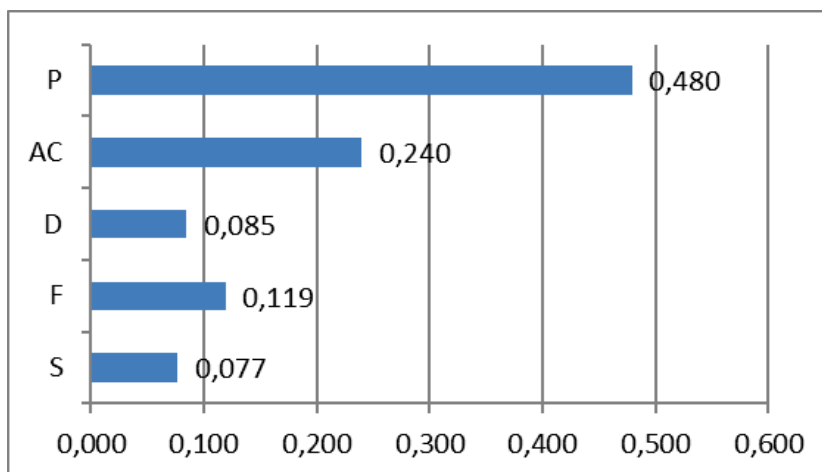


Especialista 20	Modal Rodoviário					$n = 5$			RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência	
1.P	1	3	9	5	7	0,503	2,743	5,455	
2.AC	1/3	1	7	3	5	0,260	1,414	5,432	
3.D	1/9	1/7	1	1/5	1/3	0,035	0,177	5,093	
4.F	1/5	1/3	5	1	3	0,134	0,699	5,204	
5.S	1/7	1/5	3	1/3	1	0,068	0,341	5,030	
Razão de coerência < 0,10 - OK								$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05								índice de coerência	CI= 0,061



Ao final da análise individual por especialista, foi realizada a análise consolidada com todas as respostas, conforme apresentado a seguir e já detalhado no Capítulo de Métodos da Pesquisa.

CONSOLIDADO	Modal Rodoviário					$n = 5$			RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	P	AC	D	F	S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência	
P	1	2 2/3	5 2/5	4 1/6	4 6/7	0,480	2,451	5,110	
AC	3/8	1	3 1/2	2 1/6	3 1/5	0,240	1,215	5,066	
D	1/5	2/7	1	4/5	1 1/7	0,085	0,426	5,027	
F	1/4	1/2	1 1/4	1	2	0,119	0,598	5,026	
S	1/5	1/3	7/8	1/2	1	0,077	0,387	5,031	
Razão de coerência < 0,10 - OK								$\lambda_{\text{máx}}$	5,052
RC < 0,10 = 0,012								índice de coerência	CI= 0,013

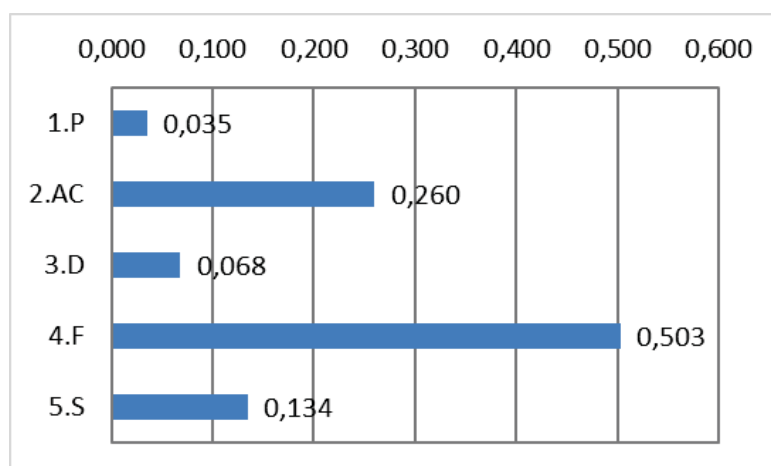


NS	P	AC	D	F	S	Custo
1,000	0,480	0,240	0,085	0,119	0,077	
0,570	0,273	0,137	0,048	0,068	0,044	0,430
	Valores normalizados					1,000

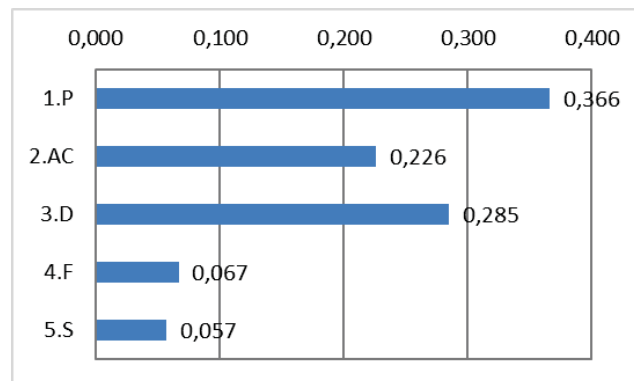
APÊNDICE 3 – MEMORIAL DE CÁLCULO DO MODAL FERROVIÁRIO

O memorial de cálculo apresenta todas as respostas válidas utilizadas para a análise do modal ferroviário. As tabelas apresentam-se divididas por especialista. Cada especialista respondeu a relevância entre os fatores e, a partir disto, foi calculada a prioridade relativa, o vetor peso e o vetor coerência para cada respondente. Foram considerados apenas os especialistas que obtiveram RC

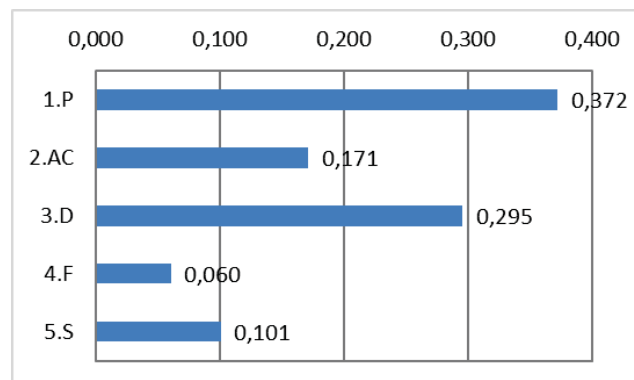
Especialista 1	Modal Ferroviário					n = 5 RI=1,11		
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/7	1/3	1/9	1/5	0,035	0,177	5,093
2.AC	7	1	5	1/3	3	0,260	1,414	5,432
3.D	3	1/5	1	1/7	1/3	0,068	0,341	5,030
4.F	9	3	7	1	5	0,503	2,743	5,455
5.S	5	1/3	3	1/5	1	0,134	0,699	5,204
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{máx}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



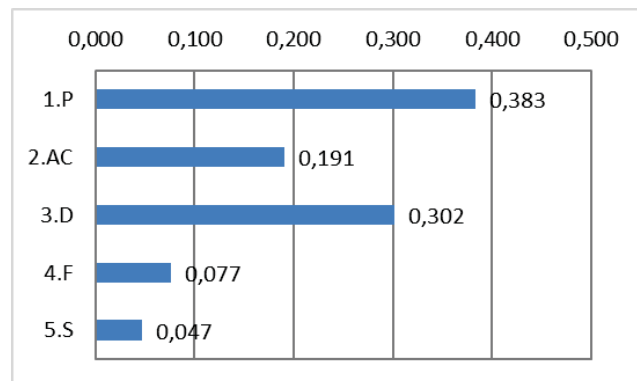
Especialista 2	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	5	1	3	5	0,366	2,265	6,189
2.AC	1/5	1	1	5	5	0,226	1,201	5,317
3.D	1	1	1	5	5	0,285	1,494	5,252
4.F	1/3	1/5	1/5	1	1	0,067	0,348	5,215
5.S	1/5	1/5	1/5	1	1	0,057	0,299	5,252
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,445
RC < 0,10 = 0,10							índice de coerência	CI= 0,111



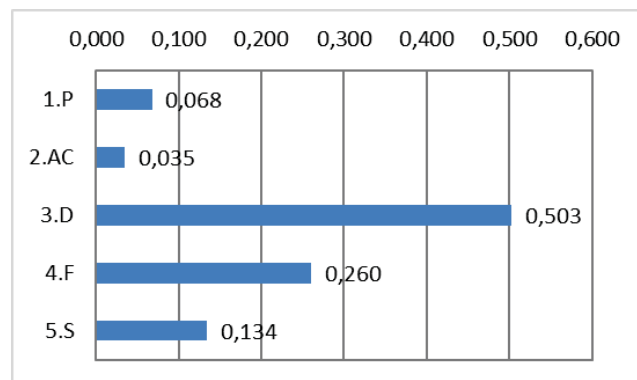
Especialista 3	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	5	1	5	3	0,372	2,129	5,724
2.AC	1/5	1	1	5	1	0,171	0,944	5,509
3.D	1	1	1	7	3	0,295	1,564	5,295
4.F	1/5	1/5	1/7	1	1	0,060	0,312	5,160
5.S	1/3	1	1/3	1	1	0,101	0,555	5,512
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,440
RC < 0,10 = 0,10							índice de coerência	CI= 0,110



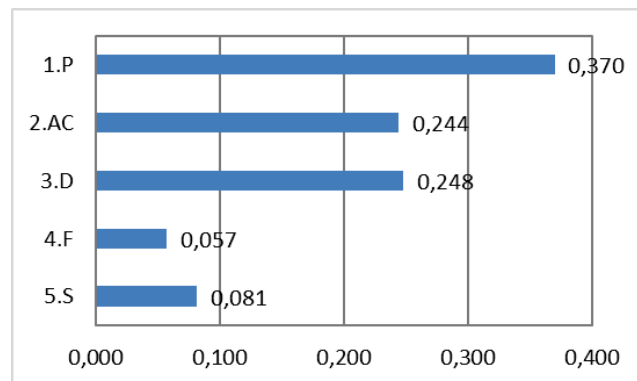
Especialista 4	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	5	1	5	5	0,383	2,260	5,895
2.AC	1/5	1	1	3	5	0,191	1,036	5,418
3.D	1	1	1	7	5	0,302	1,649	5,466
4.F	1/5	1/3	1/7	1	3	0,077	0,402	5,246
5.S	1/5	1/5	1/5	1/3	1	0,047	0,248	5,247
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,455
RC < 0,10 = 0,10							índice de coerência	CI= 0,114



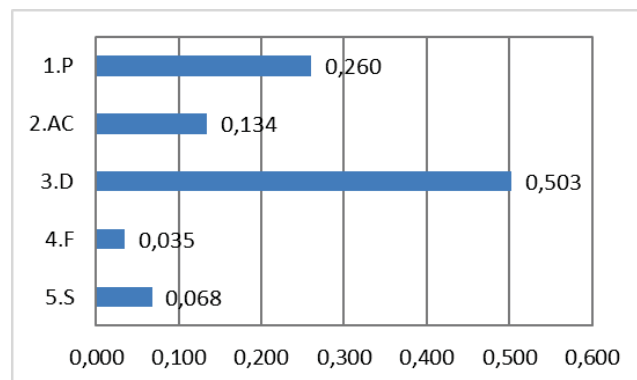
Especialista 5	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	1/7	1/5	1/3	0,068	0,341	5,030
2.AC	1/3	1	1/9	1/7	1/5	0,035	0,177	5,093
3.D	7	9	1	3	5	0,503	2,743	5,455
4.F	5	7	1/3	1	3	0,260	1,414	5,432
5.S	3	5	1/5	1/3	1	0,134	0,699	5,204
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



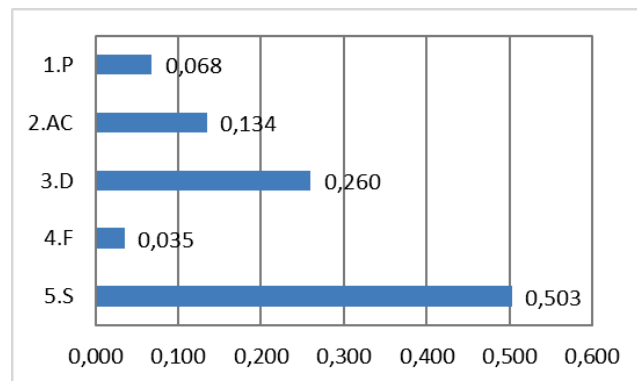
Especialista 7	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1	3	9	3	0,370	2,116	5,726
2.AC	1	1	1	3	3	0,244	1,277	5,235
3.D	1/3	1	1	9	3	0,248	1,373	5,536
4.F	1/9	1/3	1/9	1	1	0,057	0,288	5,047
5.S	1/3	1/3	1/3	1	1	0,081	0,426	5,235
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,356
RC < 0,10 = 0,08							índice de coerência	CI= 0,089



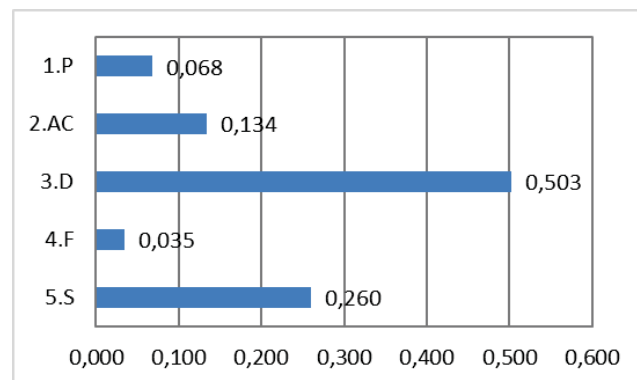
Especialista 8	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	1/3	7	5	0,260	1,414	5,432
2.AC	1/3	1	1/5	5	3	0,134	0,699	5,204
3.D	3	5	1	9	7	0,503	2,743	5,455
4.F	1/7	1/5	1/9	1	1/3	0,035	0,177	5,093
5.S	1/5	1/3	1/7	3	1	0,068	0,341	5,030
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



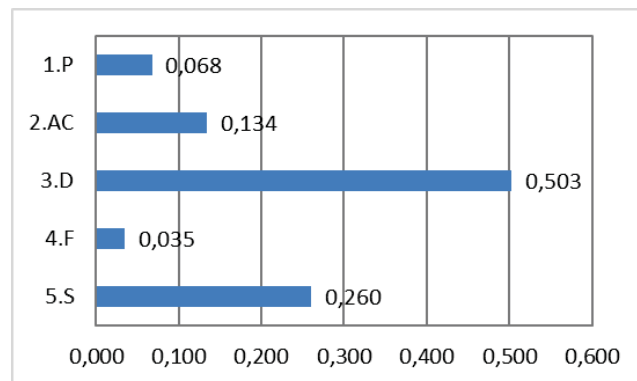
Especialista 9	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	1/5	3	1/7	0,068	0,341	5,030
2.AC	3	1	1/3	5	1/5	0,134	0,699	5,204
3.D	5	3	1	7	1/3	0,260	1,414	5,432
4.F	1/3	1/5	1/7	1	1/9	0,035	0,177	5,093
5.S	7	5	3	9	1	0,503	2,743	5,455
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



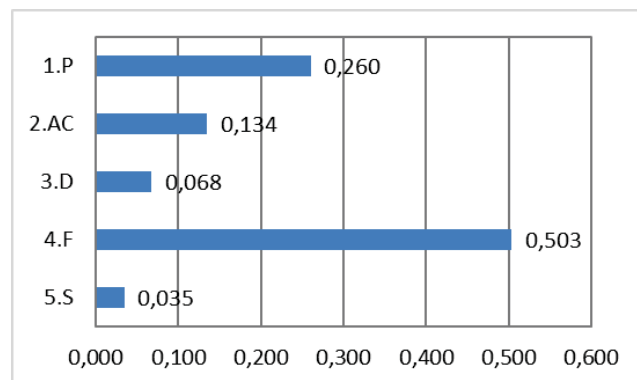
Especialista 10	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	1/7	3	1/5	0,068	0,341	5,030
2.AC	3	1	1/5	5	1/3	0,134	0,699	5,204
3.D	7	5	1	9	3	0,503	2,743	5,455
4.F	1/3	1/5	1/9	1	1/7	0,035	0,177	5,093
5.S	5	3	1/3	7	1	0,260	1,414	5,432
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



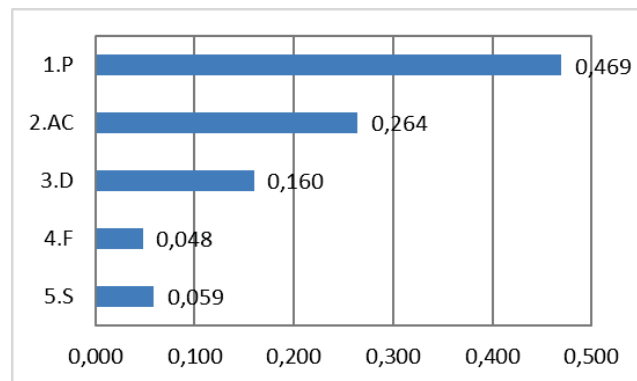
Especialista 11	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	1/7	3	1/5	0,068	0,341	5,030
2.AC	3	1	1/5	5	1/3	0,134	0,699	5,204
3.D	7	5	1	9	3	0,503	2,743	5,455
4.F	1/3	1/5	1/9	1	1/7	0,035	0,177	5,093
5.S	5	3	1/3	7	1	0,260	1,414	5,432
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



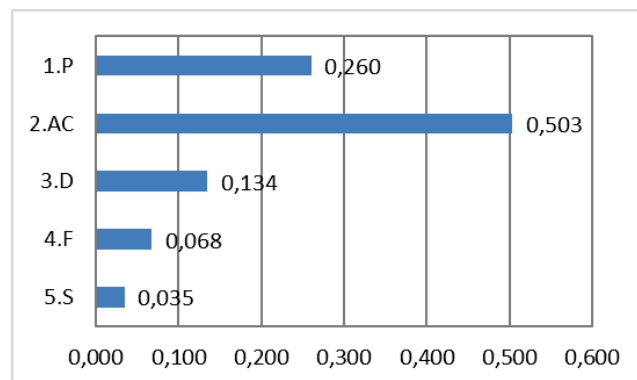
Especialista 13	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	5	1/3	7	0,260	1,414	5,432
2.AC	1/3	1	3	1/5	5	0,134	0,699	5,204
3.D	1/5	1/3	1	1/7	3	0,068	0,341	5,030
4.F	3	5	7	1	9	0,503	2,743	5,455
5.S	1/7	1/5	1/3	1/9	1	0,035	0,177	5,093
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



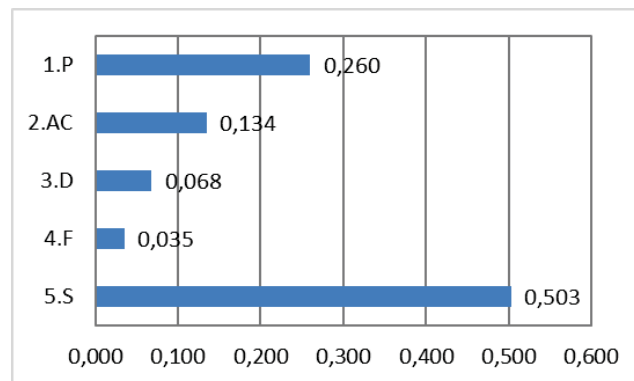
Especialista 14	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	5	3	7	5	0,469	2,899	6,175
2.AC	1/5	1	3	7	5	0,264	1,466	5,548
3.D	1/3	1/3	1	5	3	0,160	0,820	5,133
4.F	1/7	1/7	1/5	1	1	0,048	0,243	5,106
5.S	1/5	1/5	1/3	1	1	0,059	0,307	5,196
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,432
RC < 0,10 = 0,10							índice de coerência	CI= 0,108



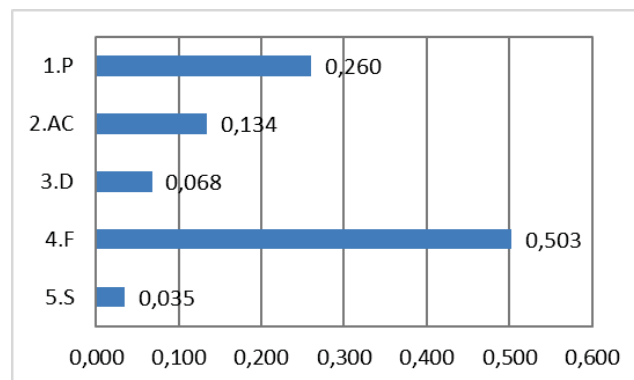
Especialista 15	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	3	5	7	0,260	1,414	5,432
2.AC	3	1	5	7	9	0,503	2,743	5,455
3.D	1/3	1/5	1	3	5	0,134	0,699	5,204
4.F	1/5	1/7	1/3	1	3	0,068	0,341	5,030
5.S	1/7	1/9	1/5	1/3	1	0,035	0,177	5,093
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



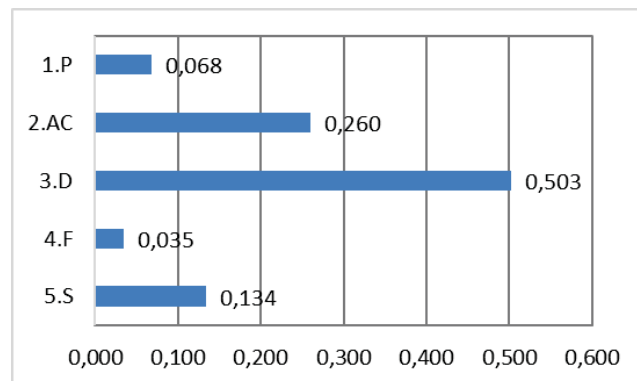
Especialista 17	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	5	7	1/3	0,260	1,414	5,432
2.AC	1/3	1	3	5	1/5	0,134	0,699	5,204
3.D	1/5	1/3	1	3	1/7	0,068	0,341	5,030
4.F	1/7	1/5	1/3	1	1/9	0,035	0,177	5,093
5.S	3	5	7	9	1	0,503	2,743	5,455
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



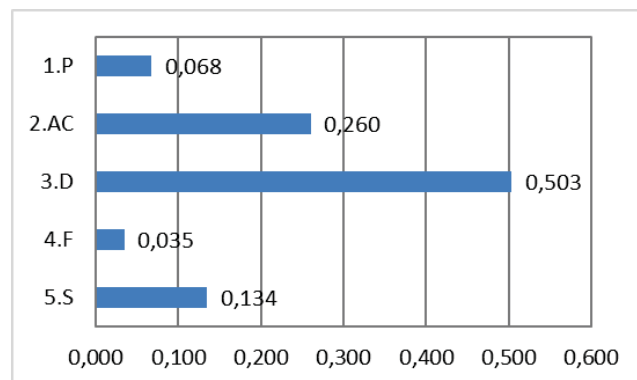
Especialista 18	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	5	1/3	7	0,260	1,414	5,432
2.AC	1/3	1	3	1/5	5	0,134	0,699	5,204
3.D	1/5	1/3	1	1/7	3	0,068	0,341	5,030
4.F	3	5	7	1	9	0,503	2,743	5,455
5.S	1/7	1/5	1/3	1/9	1	0,035	0,177	5,093
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



Especialista 19	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/5	1/7	3	1/3	0,068	0,341	5,030
2.AC	5	1	1/3	7	3	0,260	1,414	5,432
3.D	7	3	1	9	5	0,503	2,743	5,455
4.F	1/3	1/7	1/9	1	1/5	0,035	0,177	5,093
5.S	3	1/3	1/5	5	1	0,134	0,699	5,204
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061

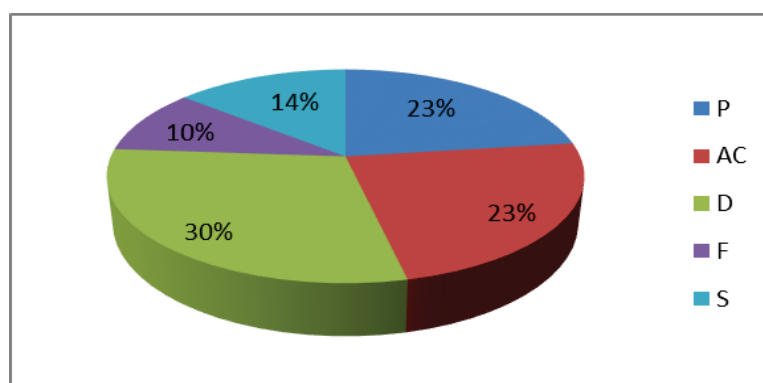
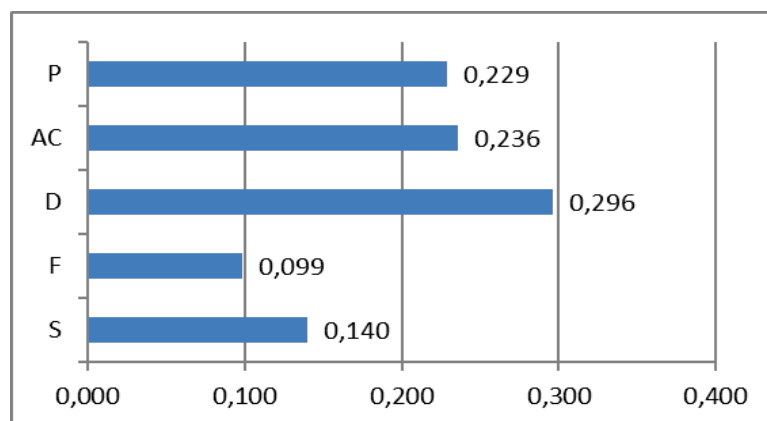


Especialista 20	Modal Ferroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/5	1/7	3	1/3	0,068	0,341	5,030
2.AC	5	1	1/3	7	3	0,260	1,414	5,432
3.D	7	3	1	9	5	0,503	2,743	5,455
4.F	1/3	1/7	1/9	1	1/5	0,035	0,177	5,093
5.S	3	1/3	1/5	5	1	0,134	0,699	5,204
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



Ao final da análise individual por especialista, foi realizada a análise consolidada com todas as respostas, conforme apresentado a seguir e já detalhado no Capítulo de Métodos da Pesquisa.

CONSOLIDADO	Modal Ferroviário					$n = 5$		RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	P	AC	D	F	S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
P	1	1 1/5	4/5	2 1/3	1 2/7	0,229	1,155	5,039
AC	5/6	1	1	2 5/9	1 5/7	0,236	1,190	5,043
D	1 1/4	1	1	3 1/4	2 1/3	0,296	1,492	5,037
F	3/7	2/5	1/3	1	5/6	0,099	0,497	5,034
S	7/9	4/7	3/7	1 1/5	1	0,140	0,702	5,028
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{máx}$	5,036
RC < 0,10 = 0,008							índice de coerência	CI= 0,009

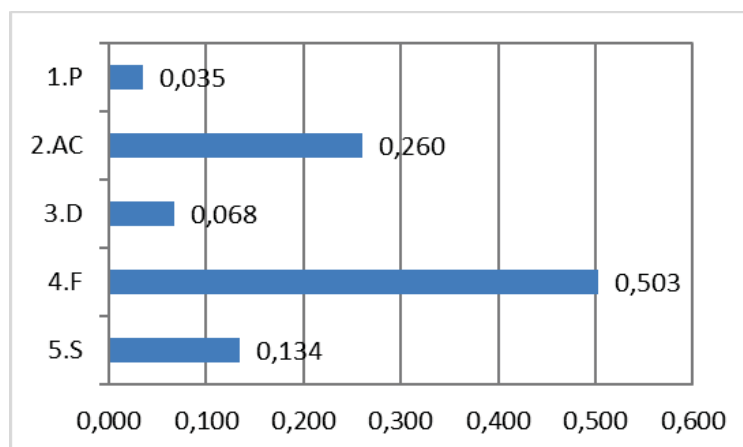


NS	P	AC	D	F	S	Custo
1,000	0,229	0,236	0,296	0,099	0,140	
0,570	0,131	0,135	0,169	0,056	0,080	0,430
Valores normalizados						1,000

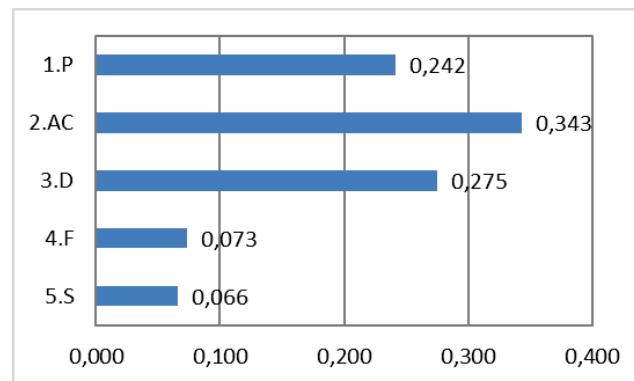
APÊNDICE 4 – MEMORIAL DE CÁLCULO DO MODAL HIDROVIÁRIO

O memorial de cálculo apresenta todas as respostas válidas utilizadas para a análise do modal hidroviário. As tabelas apresentam-se divididas por especialista. Cada especialista respondeu a relevância entre os fatores e, a partir disto, foi calculada a prioridade relativa, o vetor peso e o vetor coerência para cada respondente. Foram considerados apenas os especialistas que obtiveram RC

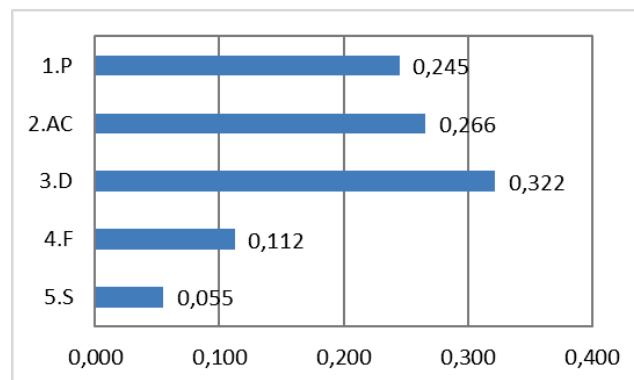
Especialista 1	Modal Hidroviário					n = 5			RI=1,11
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência	
1.P	1	1/7	1/3	1/9	1/5	0,035	0,177	5,093	
2.AC	7	1	5	1/3	3	0,260	1,414	5,432	
3.D	3	1/5	1	1/7	1/3	0,068	0,341	5,030	
4.F	9	3	7	1	5	0,503	2,743	5,455	
5.S	5	1/3	3	1/5	1	0,134	0,699	5,204	
Razão de coerência < 0,10 - OK								$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05						índice de coerência	CI=	0,061	



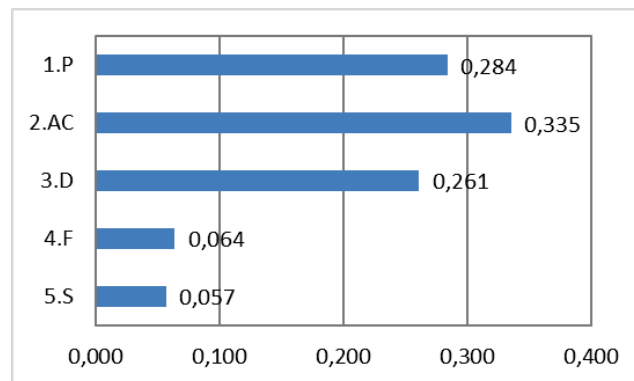
Especialista 2	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1	1	3	3	0,242	1,279	5,293
2.AC	1	1	3	3	5	0,343	1,963	5,717
3.D	1	1/3	1	7	5	0,275	1,477	5,366
4.F	1/3	1/3	1/7	1	1	0,073	0,374	5,093
5.S	1/3	1/5	1/5	1	1	0,066	0,344	5,190
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,332
RC < 0,10 = 0,07							índice de coerência	CI= 0,083



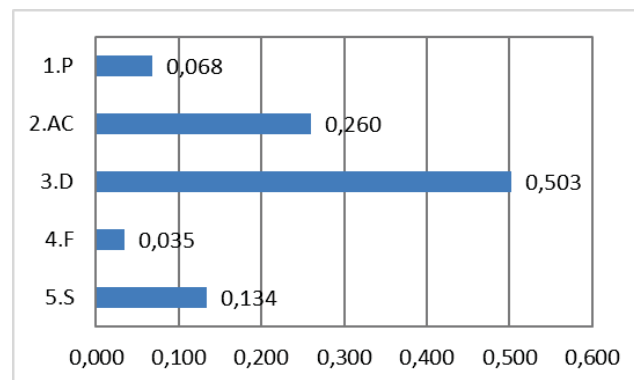
Especialista 3	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1	1	3	3	0,245	1,334	5,450
2.AC	1	1	1	3	5	0,266	1,444	5,431
3.D	1	1	1	7	5	0,322	1,893	5,876
4.F	1/3	1/3	1/7	1	5	0,112	0,603	5,366
5.S	1/3	1/5	1/5	1/5	1	0,055	0,276	5,044
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,433
RC < 0,10 = 0,10							índice de coerência	CI= 0,108



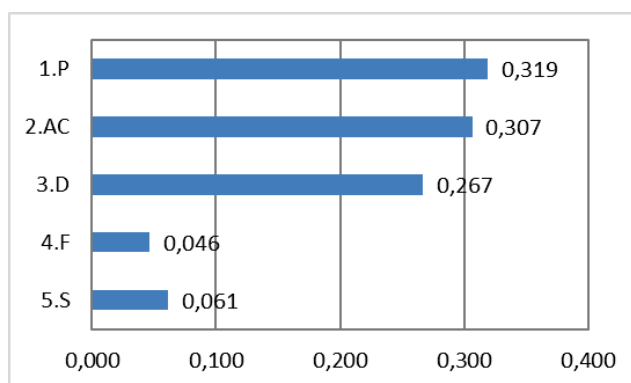
Especialista 4	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1	1	5	5	0,284	1,483	5,226
2.AC	1	1	3	3	5	0,335	1,876	5,600
3.D	1	1/3	1	7	5	0,261	1,387	5,320
4.F	1/5	1/3	1/7	1	1	0,064	0,326	5,106
5.S	1/5	1/5	1/5	1	1	0,057	0,297	5,226
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,296
RC < 0,10 = 0,07							índice de coerência	CI= 0,074



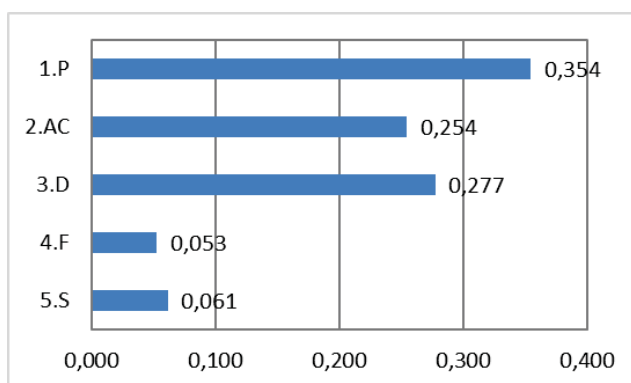
Especialista 5	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/5	1/7	3	1/3	0,068	0,341	5,030
2.AC	5	1	1/3	7	3	0,260	1,414	5,432
3.D	7	3	1	9	5	0,503	2,743	5,455
4.F	1/3	1/7	1/9	1	1/5	0,035	0,177	5,093
5.S	3	1/3	1/5	5	1	0,134	0,699	5,204
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



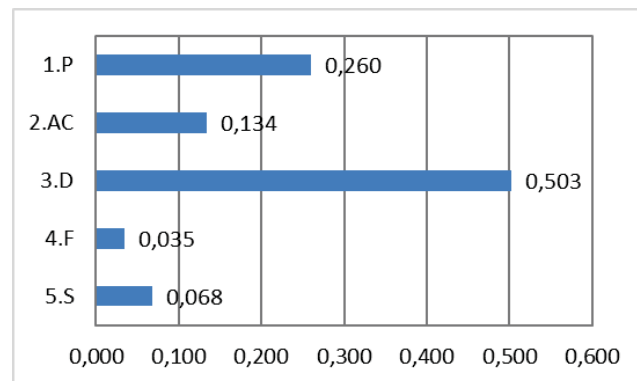
Especialista 6	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	1	5	3	0,319	1,921	6,018
2.AC	1/3	1	3	7	5	0,307	1,844	6,014
3.D	1	1/3	1	9	5	0,267	1,411	5,294
4.F	1/5	1/7	1/9	1	1	0,046	0,245	5,292
5.S	1/3	1/5	1/5	1	1	0,061	0,329	5,356
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,595
RC < 0,10 = 0,13							índice de coerência	CI= 0,149



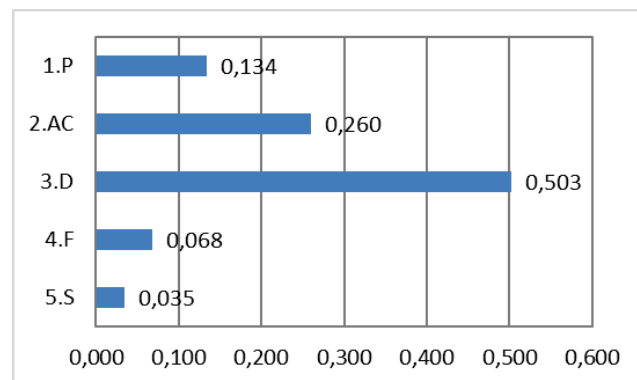
Especialista 7	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	1	5	5	0,354	1,965	5,544
2.AC	1/3	1	1	5	7	0,254	1,343	5,280
3.D	1	1	1	7	3	0,277	1,439	5,192
4.F	1/5	1/5	1/7	1	1	0,053	0,275	5,233
5.S	1/5	1/7	1/3	1	1	0,061	0,314	5,105
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,271
RC < 0,10 = 0,06							índice de coerência	CI= 0,068



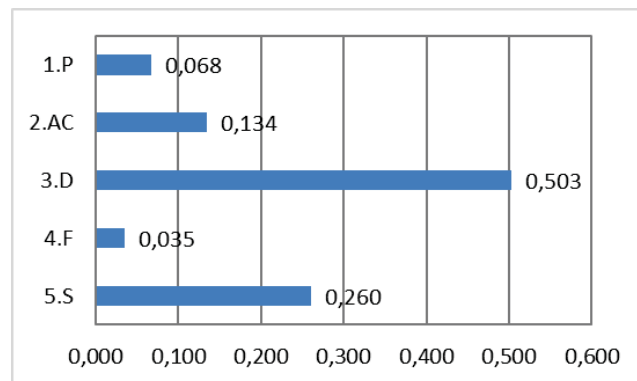
Especialista 8	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	1/3	7	5	0,260	1,414	5,432
2.AC	1/3	1	1/5	5	3	0,134	0,699	5,204
3.D	3	5	1	9	7	0,503	2,743	5,455
4.F	1/7	1/5	1/9	1	1/3	0,035	0,177	5,093
5.S	1/5	1/3	1/7	3	1	0,068	0,341	5,030
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



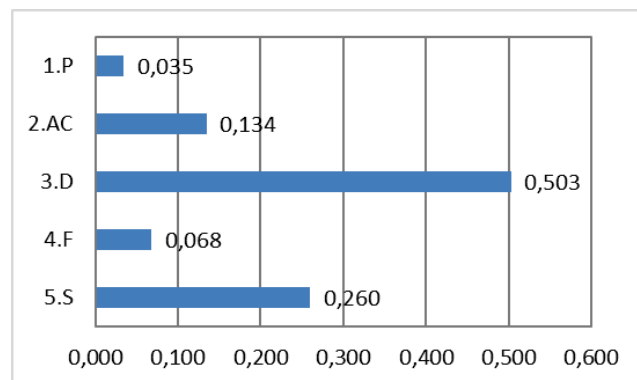
Especialista 9	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	1/5	3	5	0,134	0,699	5,204
2.AC	3	1	1/3	5	7	0,260	1,414	5,432
3.D	5	3	1	7	9	0,503	2,743	5,455
4.F	1/3	1/5	1/7	1	3	0,068	0,341	5,030
5.S	1/5	1/7	1/9	1/3	1	0,035	0,177	5,093
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



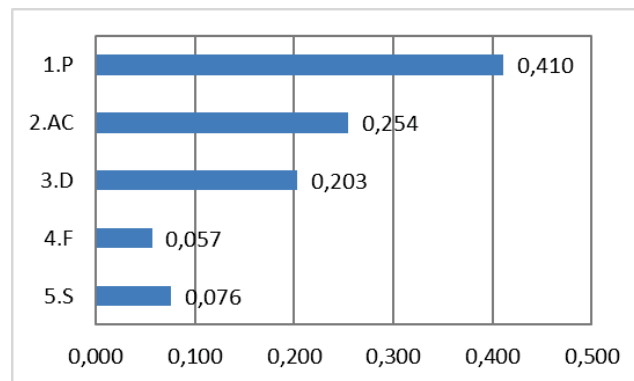
Especialista 10	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	1/7	3	1/5	0,068	0,341	5,030
2.AC	3	1	1/5	5	1/3	0,134	0,699	5,204
3.D	7	5	1	9	3	0,503	2,743	5,455
4.F	1/3	1/5	1/9	1	1/7	0,035	0,177	5,093
5.S	5	3	1/3	7	1	0,260	1,414	5,432
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



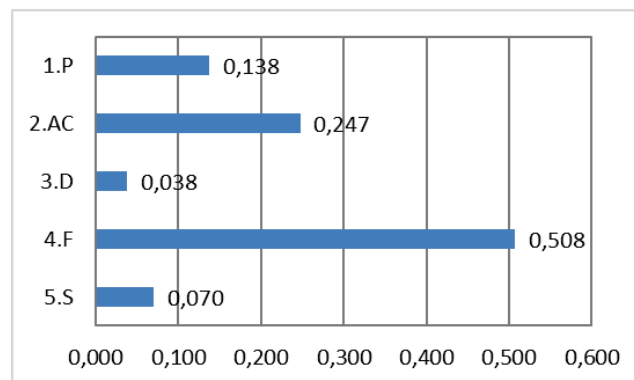
Especialista 11	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/5	1/9	1/3	1/7	0,035	0,177	5,093
2.AC	5	1	1/5	3	1/3	0,134	0,699	5,204
3.D	9	5	1	7	3	0,503	2,743	5,455
4.F	3	1/3	1/7	1	1/5	0,068	0,341	5,030
5.S	7	3	1/3	5	1	0,260	1,414	5,432
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



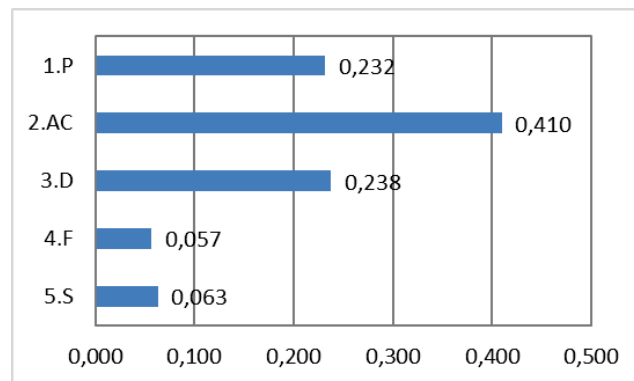
Especialista 12	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	3	5	3	0,410	2,292	5,586
2.AC	1/3	1	1	7	5	0,254	1,369	5,381
3.D	1/3	1	1	5	3	0,203	1,105	5,450
4.F	1/5	1/7	1/5	1	1	0,057	0,291	5,142
5.S	1/3	1/5	1/3	1	1	0,076	0,388	5,118
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,335
RC < 0,10 = 0,08							índice de coerência	CI= 0,084



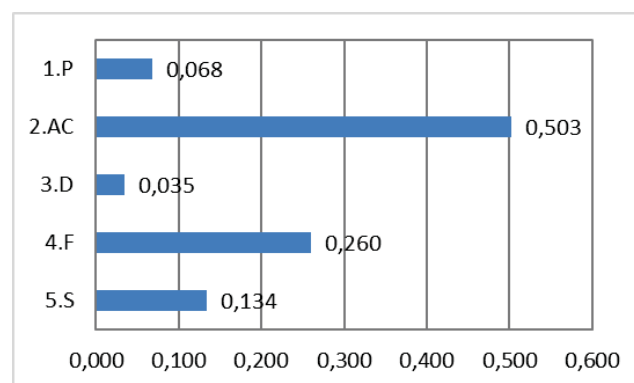
Especialista 13	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	5	1/5	3	0,138	0,720	5,231
2.AC	3	1	5	1/3	5	0,247	1,367	5,532
3.D	1/5	1/5	1	1/9	1/3	0,038	0,194	5,137
4.F	5	3	9	1	7	0,508	2,766	5,451
5.S	1/3	1/5	3	1/7	1	0,070	0,351	5,034
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,277
RC < 0,10 = 0,06							índice de coerência	CI= 0,069



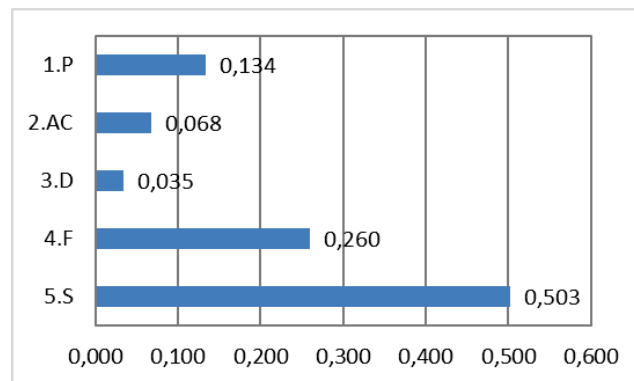
Especialista 14	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1	1	3	3	0,232	1,241	5,348
2.AC	1	1	5	7	5	0,410	2,547	6,217
3.D	1	1/5	1	7	5	0,238	1,268	5,331
4.F	1/3	1/7	1/7	1	1	0,057	0,290	5,077
5.S	1/3	1/5	1/5	1	1	0,063	0,327	5,176
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,430
RC < 0,10 = 0,10							índice de coerência	CI= 0,107



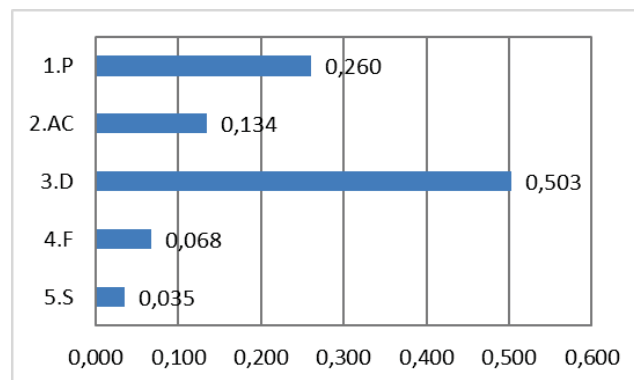
Especialista 15	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/7	3	1/5	1/3	0,068	0,341	5,030
2.AC	7	1	9	3	5	0,503	2,743	5,455
3.D	1/3	1/9	1	1/7	1/5	0,035	0,177	5,093
4.F	5	1/3	7	1	3	0,260	1,414	5,432
5.S	3	1/5	5	1/3	1	0,134	0,699	5,204
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



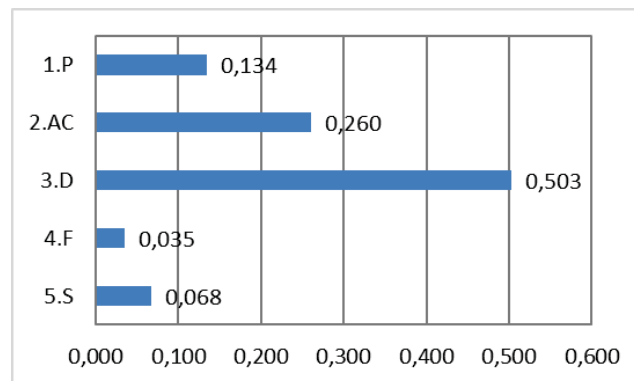
Especialista 17	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	5	1/3	1/5	0,134	0,699	5,204
2.AC	1/3	1	3	1/5	1/7	0,068	0,341	5,030
3.D	1/5	1/3	1	1/7	1/9	0,035	0,177	5,093
4.F	3	5	7	1	1/3	0,260	1,414	5,432
5.S	5	7	9	3	1	0,503	2,743	5,455
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



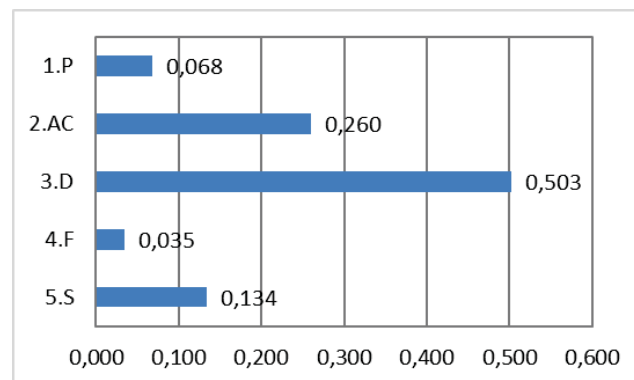
Especialista 18	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	3	1/3	5	7	0,260	1,414	5,432
2.AC	1/3	1	1/5	3	5	0,134	0,699	5,204
3.D	3	5	1	7	9	0,503	2,743	5,455
4.F	1/5	1/3	1/7	1	3	0,068	0,341	5,030
5.S	1/7	1/5	1/9	1/3	1	0,035	0,177	5,093
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



Especialista 19	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/3	1/5	5	3	0,134	0,699	5,204
2.AC	3	1	1/3	7	5	0,260	1,414	5,432
3.D	5	3	1	9	7	0,503	2,743	5,455
4.F	1/5	1/7	1/9	1	1/3	0,035	0,177	5,093
5.S	1/3	1/5	1/7	3	1	0,068	0,341	5,030
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061

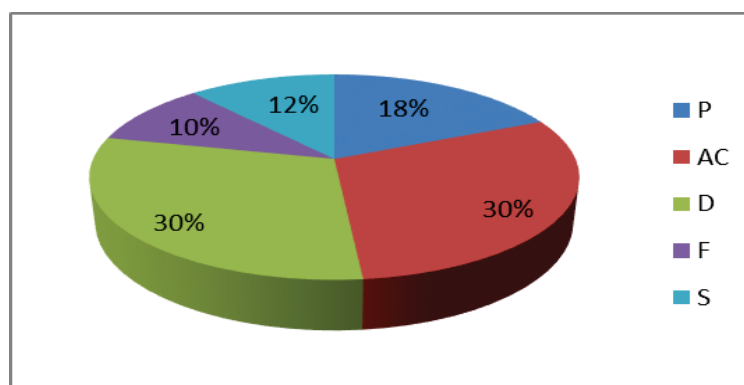
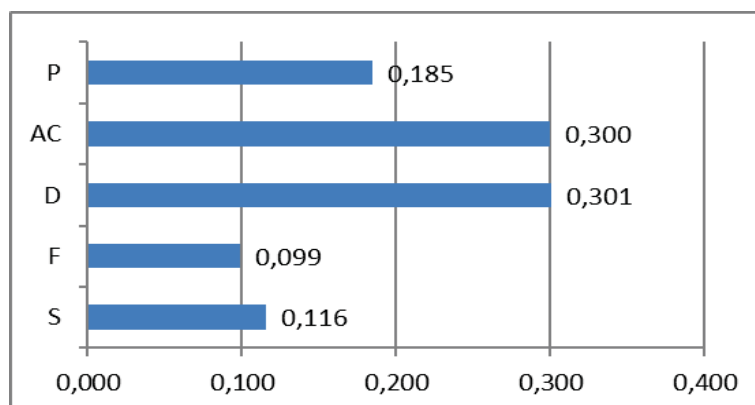


Especialista 20	Modal Hidroviário					$n = 5$	RI=1,11	
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	1.P	2.AC	3.D	4.F	5.S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
1.P	1	1/5	1/7	3	1/3	0,068	0,341	5,030
2.AC	5	1	1/3	7	3	0,260	1,414	5,432
3.D	7	3	1	9	5	0,503	2,743	5,455
4.F	1/3	1/7	1/9	1	1/5	0,035	0,177	5,093
5.S	3	1/3	1/5	5	1	0,134	0,699	5,204
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,243
RC < 0,10 = 0,05							índice de coerência	CI= 0,061



Ao final da análise individual por especialista, foi realizada a análise consolidada com todas as respostas, conforme apresentado a seguir e já detalhado no Capítulo de Métodos da Pesquisa.

CONSOLIDADO	Modal Hidroviário					$n = 5$ RI=1,11		
NS x NS hierarquia entre os Níveis de serviço	P	AC	D	F	S	Prioridad e Relativa	Vetor Pesos	Vetor Coerência
P	1	5/7	5/8	16/7	13/8	0,185	0,925	5,012
AC	12/5	1	1	3	3	0,300	1,504	5,018
D	15/8	1	1	3 1/4	24/7	0,301	1,509	5,014
F	1/2	1/3	1/3	1	1	0,099	0,498	5,014
S	3/4	1/3	2/5	1	1	0,116	0,579	5,008
Razão de coerência < 0,10 - OK							$\lambda_{\text{máx}}$	5,013
RC < 0,10 = 0,003							índice de coerência	CI= 0,003



NS	P	AC	D	F	S	Custo
1,000	0,185	0,300	0,301	0,099	0,116	
0,570	0,105	0,171	0,172	0,057	0,066	0,430
Valores normalizados						1,000